

**DISERTASI - TE 143597**

**PENINGKATAN KUALITAS DAYA PADA  
PERENCANAAN TERKOORDINASI JARINGAN  
SISTEM DISTRIBUSI RADIAL MELALUI  
PENYELESAIAN *ADVANCED-OPTIMAL POWER  
FLOW (ADVANCED-OPF)* BERBASIS METODE  
*HIERARCHICAL CLUSTERING TECHNIQUE***

**SUYANTO**

**NRP: 07111360010003**

**DOSEN PEMBIMBING :**

**Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D.**

**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.**

**PROGRAM DOKTOR**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNOLOGI ELEKTRO**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2018**

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## LEMBAR PENGESAHAN

Disertasi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Doktor (Dr.)

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

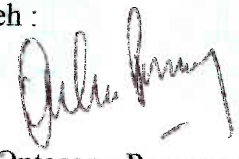
Suyanto

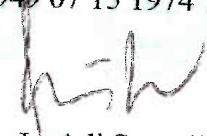
NRP : 07111360010003


Tanggal Ujian : 17 Januari 2018

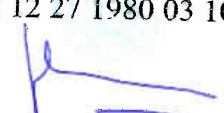
Periode Wisuda : Maret 2018

Disetujui oleh :

  
1. Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc., Ph.D. (Promotor)  
NIP : 1949 07 15 1974 12 1001

  
2. Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T. (Co-Promotor)  
NIP : 1964 04 05 1990 02 1001

  
3. Prof. Dr. Ir. Sasongko Pramono Hadi, DEA. (Penguji )  
NIP : 1953 12 27 1980 03 1007

  
4. Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. (Penguji )  
NIP : 1966 01 16 1989 03 2001

  
5. Dimas Anton Asfani, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji )  
NIP : 1981 09 05 2005 01 1002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknologi Elektro, ITS



Dr. Tri Arief Sardjono, S.T., M.T.  
NIP : 1970 02 12 1995 12 1001

< halaman ini sengaja dikosongkan >



## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan disertasi saya dengan judul

**“Peningkatan Kualitas Daya pada Perencanaan Terkoordinasi Jaringan Sistem Distribusi Radial Melalui Penyelesaian *Advanced-Optimal Power Flow (Advanced-OPF)* Berbasis Metode *Hierarchical Clustering Technique*”**

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Surabaya, 17 Januari 2018



Suyanto

NRP.07111360010003

< halaman ini sengaja dikosongkan >

**PENINGKATAN KUALITAS DAYA PADA PERENCANAAN  
TERKOORDINASI JARINGAN SISTEM DISTRIBUSI RADIAL  
MELALUI PENYELESAIAN *ADVANCED-OPTIMAL POWER FLOW*  
(*ADVANCED-OPF*) BERBASIS METODE *HIERARCHICAL CLUSTERING*  
*TECHNIQUE***

Nama Mahasiswa : Suyanto  
NRP : 07111360010003  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc.,PhD.  
Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT.

**ABSTRAK**

Pada umumnya sistem distribusi adalah radial. Sifat radial memiliki kesederhanaan dalam operasionalnya. Sistem distribusi radial (*radial distribution system-RDS*) hanya memiliki sebuah gardu induk sebagai satu-satunya sumber tenaga listrik. Gardu induk menerima tenaga listrik dari stasiun pembangkit terpusat melalui interkoneksi jaringan transmisi. Pelanggan listrik menerima daya listrik dari gardu induk melalui jaringan RDS dimana jaringan RDS tersebut merupakan jaringan pasif dan banyak diterapkan di lapangan. Oleh karena itu, aliran daya listrik di jaringan RDS adalah searah. Rasio  $X / R$  yang tinggi pada saluran-saluran distribusi menghasilkan drop tegangan yang besar, stabilitas tegangan rendah dan rugi-rugi daya saluran. Itu semuanya menyebabkan penurunan kualitas daya pada operasional jaringan RDS.

Dalam dekade terakhir, beberapa upaya dilakukan untuk peningkatan profil tegangan dan sekaligus pengurangan/penurunan rugi-rugi daya saluran melalui penempatan sumber-sumber daya reaktif secara terdistribusi. Salah satunya adalah penempatan lokasi dan ukuran kapasitor bank yang optimal pada jaringan RDS. Meskipun teknik penempatan lokasi dan ukuran kapasitor bank yang optimal cukup menjanjikan, tetapi perbaikan-perbaikan yang diperoleh pada profil tegangan jaringan RDS masih berada di bawah tegangan rata-rata atau tegangan *steady state* yang diinginkan (1,0 p.u.). Selain itu, jaringan RDS belum sepenuhnya dapat diandalkan karena sifatnya masih pasif.

Baru-baru ini, solusi yang telah direkomendasikan untuk mengatasi kepasifan jaringan RDS dengan mengintegrasikan sumber daya dengan kapasitas kecil sampai sedang berbasis teknologi energi baru terbarukan untuk peningkatan kualitas daya listrik. Sumber-sumber listrik tersebar dengan kapasitas kecil sampai sedang berbasis teknologi energi baru terbarukan pada jaringan RDS disebut sebagai pembangkit-pembangkit tersebar/terdistribusi (*dispersed generations or distributed generations - DG*).

Aliran daya sistem distribusi merupakan komponen utama dari perencanaan dan operasi jaringan RDS. Hasil simulasi aliran daya biasanya digunakan untuk perencanaan dan perancangan ekspansi sistem distribusi, mengetahui rugi-rugi daya di tiap-tiap saluran dan mengevaluasi kondisi jaringan RDS yang ada. Oleh sebab itu dibutuhkan strategi perencanaan dan operasi dalam jaringan RDS tersebut. Keberagaman strategi perencanaan dan operasi dalam jaringan RDS telah banyak dilakukan dan salah satunya perencanaan terkoordinasi (*coordinated planning*). Perencanaan terkoordinasi adalah suatu kegiatan perencanaan untuk

mengkoordinasikan kegiatan rekonfigurasi jaringan (*network reconfiguration*, penempatan dan penetapan ukuran kapasitor (*placement and sizing of capacitor*) serta penempatan dan penetapan ukuran pembangkit-pembangkit terdistribusi (*placement and sizing of distributed generations - DGs*) pada jaringan RDS. Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi tersebut merupakan persoalan optimasi dimana setiap optimasi memiliki fungsi obyektif tunggal (*single*) maupun jamak (*multi*) dan memenuhi kendala-kendala (*constraints*) yang ditetapkan. Perencanaan terkoordinasi menghasilkan strategi terbaik melalui sejumlah kombinasi alternatif yang mungkin baik secara berurutan (*sequensial*) maupun bersamaan (*simultaneous*) yang dipecahkan melalui penyelesaian aliran daya optimal lanjut (*Advanced-Optimal Power Flow –Advanced - OPF*) berbasis *Hierarchical Clustering Technique-HCT*.

Penelitian disertasi ini telah dihasilkan pengembangan formulasi algoritma aliran daya optimal lanjut (*Advanced - OPF*) berbasis HCT yang memiliki performansi terbaik untuk tujuan meminimumkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimumkan daya aktif keluaran DGs (PDGs) untuk peningkatan kualitas daya pada kegiatan perencanaan terkoordinasi pada jaringan RDS. Selain itu, penelitian disertasi ini telah dihasilkan simulator sistem pengambil keputusan perencanaan terkoordinasi (*Decision Support System Coordinated Planning – DSS - CP*) untuk menunjang perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS pada jaringan standar-Sistem IEEE-33 BUS dan jaringan riil-Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Performansi terbaik telah ditunjukkan melalui serangkaian perencanaan, operasi dan optimasi melalui simulasi *Advanced-OPF-Coordinated Planning* berbasis HCT pada jaringan RDS baik jaringan standar – Sistem IEEE-33 BUS maupun jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat-51BUS. Sistem IEEE-33 BUS memberikan performansi terbaik pada kegiatan perencanaan terkoordinasi secara serempak melalui rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG, dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank Sedangkan Penyulang Basuki Rahmat-51BUS memberikan performansi terbaik pada kegiatan perencanaan terkoordinasi melalui penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG dibandingkan dengan rekonfigurasi jaringan dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank

Selain itu, penelitian disertasi ini telah dihasilkan simulator sistem pengambil keputusan perencanaan terkoordinasi (*Decision Support System Coordinated Planning – DSS - CP*) berbasis HCT untuk menunjang perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS pada umumnya serta khususnya pada Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51BUS. Simulator DSS-CP berbasis HCT mampu memetakan strategi kegiatan perencanaan terkoordinasi berdasarkan prioritas nilai fitness fungsi obyektif (baik tunggal maupun banyak) *Advanced-OPF* secara hierarki dari terkecil sampai terbesar.

Kata-kata Kunci :*radial distribution system-RDS, kualitas daya, perencanaan terkoordinasi, rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank, penempatan & penetapan ukuran unit DG, Advanced-Optimal Power Flow – Advanced - OPF, Hierarchical Clustering Technique-HCT, Simulator DSS-CP berbasis HCT.*

**PENINGKATAN KUALITAS DAYA PADA PERENCANAAN  
TERKOORDINASI JARINGAN SISTEM DISTRIBUSI RADIAL  
MELALUI PENYELESAIAN *ADVANCED-OPTIMAL POWER FLOW*  
(*ADVANCED-OPF*) BERBASIS METODE *HIERARCHICAL CLUSTERING*  
*TECHNIQUE***

Name : Suyanto  
Student ID : 07111360010003  
Supervisors : Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc.,PhD.  
Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT.

**ABSTRACT**

Generally the distribution system is radial. The radial property has its simply operational. The radial distribution system (RDS) only has a substation as is the electric source. Substation gains the electric source from center generation via transmission network interconnection. The customer gets the electric power from substation across RDS network. The RDS network is passive network and its application is more. Therefore, electric power flow on RDS network is unidirectional. The high X/R ratio of distribution lines causes a great voltage drop, low voltage stability and line power losses. All these effects power quality decreasing on RDS network operational.

In the last decade, many efforts had been done to improve voltage profile and to decrease line power losses by placement distributed active/reactive power sources. One of them is optimal bank capacitor placement and sizing on RDS network. Although the optimal capacitor bank placement and sizing technique are promising, the voltage profile improvements are obtained in the RDS network. They are still below the voltage average on desired steady state voltage (1.0 p.u.). In addition, the RDS network is still less reliable because it is still a passive network.

Recently, the solution has been recommended to overcome the passivity of RDS networks by integrating resources with small to medium capacity based on renewable energy technologies. Overall are to improve the electric power quality. Distributed electric sources which have small to medium-sized capacity based on new renewable energy technologies in RDS networks are referred to as dispersed generations or distributed generations (DGs).

The distribution system power flow is a major component of RDS network planning and operations. The power flow simulation results are usually used for planning and designing the expansion of the distribution system, knowing the power losses in each line and evaluating the conditions of the existing RDS network. Therefore, they are required planning and operating strategies in the RDS network. The diversity of planning and operating strategies in RDS networks has been widely implemented and one of them is the coordinated planning. The coordinated planning is a planning activity to coordinate network reconfiguration, placement & sizing of the capacitor bank, and placement & sizing of distributed generations (DGs) unit in RDS networks. Each the coordinated planning activity is an optimization problem in which each optimization has a single or multi objective

function and meets the constraints set. The coordinated planning produces the best strategy through a combination of alternatives that may be sequential or simultaneous solved by completion of an Advanced-Optimal Power Flow (Advanced-OPF) based on Hierarchical Clustering Technique (HCT).

This dissertation research has gained an optimal power flow algorithms formulation development of Advanced-OPF-CP based on HCT. It has the best performance for the purpose of line power loss (PLOSS) minimizing, voltage deviation (VOLT) minimizing and the active power output of DGs maximizing (PDGs) for enhanced power quality in the coordinated planning activities on RDS networks. In addition, this dissertation research has resulted in a simulator of the coordinated planning decision making system (Decision Support System Coordinated Planning (DSS - CP) based on HCT. The DSS-CP Based on HCT Simulator has supported planning, operation and optimization of RDS network on a standard network-the IEEE-33 BUS system and a real network - the Basuki Rahmat -51 BUS feeder.

The best performance has been demonstrated through a series of planning, operation and optimization using the Advanced-OPF-CP based on HCT Simulator on RDS networks which are both a standard network - the IEEE-33 BUS system and a real network - the Basuki Rahmat-51BUS feeder. The IEEE-33 BUS system provides the best performance in the coordinated planning activities simultaneously through network reconfiguration, placement & sizing of DGs unit, and the placement & sizing of bank capacitor. While the Basuki Rahmat-51BUS feeder gives the best performance in coordinated planning activities through placement & sizing of the DG units if it is compared to the network reconfiguration and the placement and sizing of the bank capacitor.

Finally, this dissertation research had resulted in the DSS-CP Based on HCT-simulator to support generally planning, operation and optimization of RDS network in general and especially on the IEEE-33 BUS system and the Basuki Rahmat-51BUS feeder. The DSS-CP based on HCT simulator is capable of mapping the coordinated planning strategy based on the priority of the objective functional (either single/multi) fitness values (either single or multiple) hierarchically from the smallest to the largest values.

*Key words : Radial Distribution System- (RDS); power quality; Coordinated Planning – (CP); network reconfiguration; placement & sizing of the bank capacitor; placement & placement of DGs unit; an Advanced-Optimal Power Flow - an Advanced – (OPF); Hierarchical Clustering Technique - (HCT); Decision Support System - CP Based on HCT Simulator – (DSS-CP based on HCT Simulator).*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah ... Segala puji bagi Allah SWT atas kehendak-NYA yang telah melimpahkan ridho dan karunia-NYA, akhirnya penulis berhasil menyelesaikan studi program Doktor di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Buku disertasi ini merupakan laporan hasil penelitian yang telah penulis lakukan selama empat tahun di Laboratorium Simulasi Sistem Tenaga Listrik (*Power System Simulation Laboratory-PSSL*), Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, ITS. Topik riset disertasi yang penulis teliti adalah pengembangan *road map research* PSSL dan group penelitian *Laboratory Based Education* (LBE) khususnya *Research Group - Distribution Automation System-Smart Microgrid* dibawah bimbingan langsung Bapak Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc.,Ph.D. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Dekan Fakultas Teknologi Elektro, Kepala Departemen Teknik Elektro beserta jajarannya yang telah memberikan dukungan administrasi dan fasilitas sehingga penulis berhasil menyelesaikan studi selama empat tahun.

Rasa hormat, bangga, apresiasi dan ucapan terima kasih dari hati yang tulus, penulis haturkan kepada Pembimbing I – Bapak Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, M.Sc.,Ph.D. dan Pembimbing II – Bapak Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T. Kedua pembimbing tersebut yang sudah membimbing, mendampingi dan memberikan dukungan yang besar kepada penulis dalam menimba ilmu, mengembangkan keilmuan dan berbagi pengalaman selama studi.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Sasongko Pramono Hadi,DEA., Ibu Prof. Dr. Ir. Aulia Siti Aisjah, M.T. dan Bapak Dimas Anton Asfani, ST., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan koreksi, masukan dan saran untuk kesempurnaan penulisan buku disertasi ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada manajemen Program Pasca Sarjana Teknik Elektro FTE, ITS, Bapak Dr. Ir.



Wirawan, DEA dan Bapak Dr. Rony Seto Wibowo, S.T.,M.T. beserta staf administrasi yang telah memberikan dukungan fasilitas dan administrasi.

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Chairman 8<sup>th</sup> *Asian School on Renewable Energy*-Mr. Prof. Dato'Dr. Kamaruzzaman Sopian, Director *Solar Energy Research Institute (SERI)*, University Kebangsaan Malaysia (UKM), yang terhormat Mrs. Dr. Chan Hoy Yen yang telah memberikan kesempatan penulis untuk mengikuti *short course of Renewable Energy* bersama-sama teman-teman perwakilan se-Asia Tenggara yang didukung oleh *Islamic Educational, Scientific and Cultural Organisation (ISESCO)*, *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO)* dan *Ministry of Education*, Malaysia.

Ucapan terima kasih penulis samapaikan kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas dukungan beasiswa selama penulis menempuh studi yang meliputi Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN 2013-2016), Perpanjangan BPPDN 2 semester (BPPDN Tahun 2017), Hibah Penelitian Disertasi Doktor (Hibah PDD Tahun 2016), Workshop dan Klinik Penulisan Manuskrip untuk Peningkatan Kualitas Dosen Tahun 2016 – Wilayah Surabaya.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada manajemen Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Fakultas Teknologi Industri dan Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan ijin menempuh studi program Doktor.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada rekan-rekan mahasiswa S3, S2 dan S1 yang tergabung dalam Research Group LBE di PSSSL yang telah membantu penulis selama melakukan kegiatan penelitian disertasi. Tak lupa penulis memberikan apresiasi setinggi-tingginya kepada Asisten & Trainee PSSSL Angkatan 2011, Angkatan 2012, Angkatan 2013 (Khususnya : Febri, Tufi, Indra, Bagus, Mas Gilang, Mas Aji dkk), Angkatan 2014 dan Angkatan 2015 yang telah sepenuhnya memberikan dukungan terealisasinya Simulator DSS-CP berbasis HCT.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga dan tak terkira kepada keluarga besar penulis yakni yang terhormat orang tua dan mertua penulis yang selalu memberikan doa dan restu selama proses studi dan yang

tercinta istri serta anak-anakku yang selalu memberikan dorongan serta semangat dalam menyelesaikan studi.

Surabaya, Januari 2018

Penulis,

Suyanto

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xxiii
DAFTAR TABEL .....	xxxvii
DAFTAR SINGKATAN .....	xli
DAFTAR LAMBANG .....	xlvi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan dan Batasan Masalah .....	4
1.3 Tujuan, Fokus dan Target Penelitian .....	5
1.4 Kontribusi dan Orisinalitas Penelitian .....	7
1.5 Manfaat Penelitian .....	9
1.6 Ruang Lingkup Pembahasan Disertasi .....	15
1.7 Publikasi Disertasi dalam Jurnal International dan Seminar International .....	20
1.7.1 Jurnal Internasional .....	20
1.7.2 Seminar Internasional .....	21
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	23
2.1 Kajian Pustaka .....	23
2.2 Dasar Teori .....	29
2.2.1 Sistem Distribusi Radial .....	29
2.2.2 Integrasi DG pada Sistem Distribusi Radial .....	35
2.2.3 Aliran Daya Sistem Distribusi Radial .....	42
2.2.4 Aliran Daya Optimal Sistem Distribusi Radial .....	68
2.2.5 Perencanaan Terkoordinasi Sistem Distribusi Radial .....	70
2.2.6 Aliran Daya Optimal pada Jaringan RDS .....	110
2.2.7 Sistem Pendukung Keputusan ( <i>Decision Support System</i> ) Jaringan RDS .....	123

BAB 3 METODE PENELITIAN .....	133
3.1 Pemodelan & Simulasi Integrasi Unit-Unit DG Pada Jaringan RDS .	141
3.2 Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Optimal (Optimal Power Flow-OPF) Pada Jaringan RDS .....	144
3.3 Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Pada Jaringan RDS .....	149
3.3.1 Advanced OPF-CP#1-Rekonfigurasi Jaringan .....	151
3.3.2 Advanced OPF-CP#2-Penempatan & Penentuan Ukuran Unit-Unit DG .....	156
3.3.3 Advanced OPF-CP#3-Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank .....	157
3.3.4 Advanced OPF-CP#4-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Unit-Unit DG .....	160
3.3.5 Advanced OPF-CP#5-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank .....	162
3.3.6 Advanced OPF-CP#6-Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank .....	164
3.3.7 Advanced OPF-CP#7-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank .....	165
3.4 Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Berbasis HCT Pada Jaringan RDS .....	167
3.5 Pemodelan & Simulasi Perencanaan, Operasi & Optimasi Jaringan Sistem Distribusi Radial .....	170
3.6 Simulator Sistem Pengambil Keputusan Perencanaan Terkoordinasi Jaringan Sistem Distribusi Radial .....	171
BAB 4 ANALISIS ALIRAN DAYA JARINGAN RDS .....	177
4.1 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif .....	178
4.1.1 Jaringan Standar – Sistem IEEE - 33 BUS .....	182
4.1.2 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) .....	188
4.1.3 Review Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif .....	192
4.2 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Aktif .....	193
4.2.1 Jaringan Standar – Sistem IEEE 33 BUS .....	194
4.2.2 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS .....	197

4.2.3	Review Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Aktif .....	201
<b>BAB 5 PEMODELAN DAN SIMULASI ADVANCED-OPF PADA PERENCANAAN TERKOORDINASI.....</b>		
5.1	Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS .....	204
5.1.1	Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.....	205
5.1.2	Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) .....	217
5.1.3	Review Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Kedua Jaringan RDS .....	221
5.2	Analisis Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS .....	222
5.2.1	Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS – Sistem IEEE – 33 BUS .....	223
5.2.2	Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) .....	234
5.2.3	Review Analisis Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS .....	237
5.3	Analisis Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS.....	240
5.3.1	Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS– Sistem IEEE – 33 BUS.....	241
5.3.2	Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS– Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) .....	251
5.3.3	Review Analisis Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS .....	261
5.4	Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS .....	264
5.4.1	Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Sistem IEEE – 33 BUS.....	265
5.4.2	Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) .....	279
5.4.3	Review Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS .....	288

5.5 Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS .....	289
5.5.1 Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS – Sistem IEEE – 33 BUS.....	290
5.5.2 Advanced OPF-CP Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) .....	339
5.5.3 Review Analisis Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS .....	365
<b>BAB 6 PEMODELAN DAN SIMULASI ADVANCED-OPF CP BERBASIS HCT .....</b>	<b>367</b>
6.1 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Berbasis HCT – Cluster – I .....	368
6.2 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Berbasis HCT – Cluster – II.....	374
6.3 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Berbasis HCT – Cluster – III .....	377
6.4 Review Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Berbasis HCT .....	382
<b>BAB 7 ANALISIS PEMODELAN DAN SIMULASI PERENCANAAN, OPERASI DAN OPTIMASI JARINGAN RDS .....</b>	<b>383</b>
7.1 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi – Sisi Perencanaan .....	383
7.2 Hasil, Pembahasan & Analisis Pemodelan & Simulasi Sisi Operasi..	384
7.3 Hasil, Pembahasan & Analisis Pemodelan & Simulasi Sisi Optimasi .....	385
7.4 Review Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Perencanaan, Operasi & Optimasi .....	388
<b>BAB 8 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI .....</b>	<b>391</b>
8.1 Kesimpulan .....	391
8.2 Rekomendasi Penelitian Selanjutnya .....	392
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>395</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>413</b>
Lampiran – 1 Identifikasi Jaringan RDS.....	413
Jaringan Standar - Sistem IEEE-33 Bus .....	415
Jaringan Riil - Penyulang Basuki Rahmat-51 Bus.....	419



Lampiran – 2 Validasi Jaringan RDS Pada Simulator DSS – CP Berbasis HCT .....	423
Jaringan Standar – Sistem IEEE – 33 Bus.....	425
Single Line Diagram Sistem IEEE-33 Bus .....	425
Data Saluran .....	426
Data Beban .....	427
Validasi Penyulang Sistem IEEE – 33 Bus – Tegangan Setiap Bus ..	428
Validasi Penyulang Sistem IEEE – 33 Bus – Arus Setiap Saluran ....	429
Validasi Penyulang Sistem IEEE – 33 Bus – Rugi-Rugi Daya Aktif	430
Validasi Penyulang Sistem IEEE-33 Bus – Rugi-Rugi Daya Reaktif	431
Ringkasan Validasi Sistem IEEE – 33 BUS.....	432
Lampiran – 3 Validasi Jaringan RDS Pada Simulator DSS – CP Berbasis HCT .....	433
Jaringan Riil - Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) .....	435
Single Line Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya).....	435
Data Saluran .....	436
Data Beban .....	437
Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)– Tegangan Setiap Bus .....	438
Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)– Arus Setiap Saluran .....	439
Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)– Rugi-Rugi Daya Aktif .....	440
Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)– Rugi-Rugi Daya Reaktif .....	441
Ringkasan Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) .....	442
Lampiran – 4 Jaringan Standar - Sistem IEEE 33 BUS Base case - Aliran Daya Pasif .....	443
Lampiran – 5 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS Base case - Aliran Daya Pasif .....	445
Lampiran – 6 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Base case - Aliran Daya Aktif – Integrasi 1, 2 & 3 Unit DG .....	447
Lampiran – 7 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS Base case - Aliran Daya Aktif – Integrasi 1, 2 & 3 Unit DG .....	451
Lampiran – 8 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Advanced-OPF-CP-HCT : Rekonfigurasi Jaringan – 1 FO.....	455

Lampiran – 9 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Advanced-OPF-CP-HCT : Rekonfigurasi Jaringan – 2 FO .....	457
Lampiran – 10 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS Advanced-OPF-CP-HCT : Rekonfigurasi Jaringan – 1 & 2 FO .....	459
Lampiran – 11 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1, 2 & 3 Kapasitor Bank .....	463
Lampiran – 12 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank Advanced-OPF-CP-HCT : 2 FO - 1, 2 & 3 Kapasitor Bank .....	467
Lampiran – 13 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank Advanced-OPF-CP-HCT : 1 & 2 FO - 1, 2 & 3 Kapasitor Bank.....	471
Lampiran – 14 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1, 2 & 3 Unit DG.....	479
Lampiran – 15 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG Advanced-OPF-CP-HCT : 2&3 FO - 1, 2 & 3 Unit DG.....	483
Lampiran – 16 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1, 2 & 3 Unit DG .....	491
Lampiran – 17 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG Advanced-OPF-CP-HCT : 2 & 3 FO - 1, 2 & 3 Unit DG .....	495
Lampiran – 18 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1, 2 & 3 Kapasitor Bank .....	503
Lampiran – 19 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank Advanced-OPF-CP-HCT : 2 FO - 1, 2 & 3 Kapasitor Bank .....	507
Lampiran – 20 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank Advanced-OPF-CP-HCT : 1 & 2 FO - 1, 2 & 3 Kapasitor Bank .....	511
Lampiran – 21 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank - Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG Advanced-OPF-CP-HCT : 2 & 3 FO - 1, 2 & 3 Unit DG ; 1, 2 & 3 Kapasitor Bank.....	519
Lampiran – 22 Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank - Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG Advanced-OPF-CP-HCT : 2 & 3 FO - 1, 2 & 3 UNIT DG ; 1, 2 & 3 Kapasitor Bank .....	523

Lampiran – 23 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank - Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1, 2 & 3 Unit DG ; 1, 2 & 3 Kapasitor Bank .....	533
Lampiran – 24 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank - Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG Advanced-OPF-CP-HCT : 2&3 FO - 1, 2 & 3 Unit DG ; 1, 2 & 3 Kapasitor Bank .....	543
Lampiran – 25 Daftar Riwayat Hidup Penulis .....	553

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Kontribusi Penelitian Disertasi. ....	7
Gambar 1.2.	Kontribusi dan Orisinalitas Penelitian Disertasi. ....	8
Gambar 1.3.	Rekam Jejak (Track Record) Selama Penelitian Disertasi. ....	11
Gambar 2.1.	Fish Bone : State of the Art Kerangka Penelitian Disertasi.....	28
Gambar 2.2.	Representasi Penyulang Distribusi Sederhana, [213]. ....	31
Gambar 2.3.	Diagram Saluran Tunggal Jaringan Sistem Distribusi Radial, [222]. ....	32
Gambar 2.4.	Ringkasan Jenis Rugi-Rugi Distribusi dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya, [1]. ....	36
Gambar 2.5.	Karakteristik Rugi-Rugi Daya Sistem Distribusi dengan Variasi Ukuran Unit DG, [2], [113], [226]. ....	43
Gambar 2.6.	Jaringan Sistem Distribusi Radial, [239]. ....	49
Gambar 2.7.	Diagram Ekuivalen Jaringan Distribusi Radial untuk PFA, [231] .....	56
Gambar 2.8.	Suatu Jaringan Sistem Distribusi Radial.....	59
Gambar 2.9.	Diagram Saluran Tunggal Jaringan RDS Meliputi DG dan Kapasitor, [250]. ....	63
Gambar 2.10.	View Skematik Suatu Sistem Perencanaan Distribusi, [254]... ..	71
Gambar 2.11.	Model Rekonfigurasi Jaringan RDS. ....	77
Gambar 2.12.	Metode-Metode ODGP.....	81
Gambar 2.13.	Metode-Metode Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank. ....	84
Gambar 2.14.	Instalasi Kapasitor Bank pada Saluran Tunggal Jaringan RDS.	85
Gambar 2.15.	Kondisi Awal Jaringan RDS Sebelum Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan Unit-Unit DG. ....	88
Gambar 2.16.	Kondisi Perubahan Jaringan RDS Setelah Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan Unit-Unit DG.....	89
Gambar 2.17.	Kondisi Optimal Jaringan RDS Setelah Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan Unit-Unit DG. ....	90
Gambar 2.18.	Diagram Alir CHCA, [172]. ....	92
Gambar 2.19.	Diagram Alir Pendekatan R & C dan Pendekatan C & R, [59]	95
Gambar 2.20.	Model Cabang yang Terhubung Antara Simpul p dan Simpul q. ....	101

Gambar 2.21.	Diagram Alir Gabungan Algoritma Berbasis GA dan MST, [206].	107
Gambar 2.22.	Jaringan RDS – Sistem IEEE 33 Bus- Kasus A ( <i>base-case</i> ).	108
Gambar 2.23.	Jaringan RDS – Sistem IEEE 33 Bus- Kasus B ( <i>Reconfiguration</i> ).	109
Gambar 2.24.	Jaringan RDS – Sistem IEEE 33 Bus- Kasus D ( <i>DG Allocation and Capacitor Placement</i> ).	110
Gambar 2.25.	Jaringan RDS – Sistem IEEE 33 Bus- Kasus F ( <i>Reconfiguration, DG Allocation and Capacitor Placement</i> ).	111
Gambar 2.26.	Domain Fungsi Obyektif dari Problem 2 (Dua) Fungsi Obyektif, [115].	113
Gambar 2.27.	Algoritma OPF Multiobyektif, [115].	116
Gambar 2.28.	Pengelompokan ( <i>Clustering</i> ) Elemen-Elemen yang Representatif, [131].	118
Gambar 2.29.	Relasi Antara Keadaan ( <i>state</i> ) dan Topologi ( <i>topology</i> ), [131].	118
Gambar 2.30.	Diagram Alir Metode <i>Hierarchical Clustering Technique</i> .	120
Gambar 2.31.	<i>Hierarchical Clustering</i> - Model Dendogram, [132].	121
Gambar 2.32.	Model-Model dan Studi-Studi Analisis, Disain dan Operasi Jaringan RDS, [144].	125
Gambar 2.33.	Proses Pengembangan Jaringan Distribusi dari Masa Lalu ke Masa Depan yang Cerdas (diadaptasi dari IEA), [211].	130
Gambar 2.34.	Model Perencanaan Agregat untuk Konsep MDC di SDN, [211].	132
Gambar 3.1.	Kerangka dan Ruang Lingkup Penelitian Disertasi.	136
Gambar 3.2.	Diagram Alir Perencanaan, Operasi dan Optimasi Jaringan RDS.	138
Gambar 3.3.	Diagram Alir Penyelesaian Aliran Daya Melalui Metode NT.	142
Gambar 3.4.	Pemodelan & Simulasi Integrasi Unit-Unit DG Pada Jaringan RDS.	143
Gambar 3.5.	Kerangka Perencanaan Unit-unit DG untuk Tujuan Optimasi, [157].	144
Gambar 3.6.	Advanced OPF-CP#1-Rekonfigurasi Jaringan.	152
Gambar 3.7.	Diagram Alir Rekonfigurasi Jaringan dengan Metode Kecerdasan Buatan – (Genetic Algorithm – GA).	154

Gambar 3.8.	Diagram Alir Genetic Algorithm, [75].	155
Gambar 3.9.	Advanced OPF-CP#2-Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG.	157
Gambar 3.10.	Diagram Alir Penempatan & Penentuan Ukuran Unit-Unit DG dengan Metode Analitik.	158
Gambar 3.11.	Advanced OPF-CP#3-Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank.	159
Gambar 3.12.	Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank dengan Metode Analitik.	161
Gambar 3.13.	Advanced OPF-CP#4- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG.	162
Gambar 3.14.	Advanced OPF-CP#5- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank.	163
Gambar 3.15.	Advanced OPF-CP#6- Penempatan & penetapan Ukuran Unit-Unit DG dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank.	164
Gambar 3.16.	Advanced OPF-CP#7- Rekonfigurasi jaringan, Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank.	166
Gambar 3.17.	Kerangka Pemodelan & Simulasi Advanced-OPF Berbasis HCT.	168
Gambar 3.18.	Tampilan/Visualisasi Simulator “Power Optima Distribution Programme”	172
Gambar 3.19.	Tampilan / Visualisasi Simulator DSS-CP.	173
Gambar 4.1.	Visualisasi Performansi Simulator DSS – CP berbasis HCT.	178
Gambar 4.2.	Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pemodelan & Simulasi Daya Jaringan RDS – Pasif (Sistem IEEE 33 BUS).	183
Gambar 4.3.	Profil Tegangan Sistem IEEE-33 BUS.	184
Gambar 4.4.	Profil Arus Sistem IEEE 33 BUS.	184
Gambar 4.5.	Profil Rugi-Rugi Daya Aktif Sistem IEEE-33 BUS.	185
Gambar 4.6.	Profil Rugi-Rugi Daya Reaktif Sistem IEEE-33 BUS.	185
Gambar 4.7.	Profil Daya Komplek Sistem IEEE-33 BUS.	186
Gambar 4.8.	Topologi Jaringan RDS - Sistem IEEE-33 BUS.	187
Gambar 4.9.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif (Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS).	188
Gambar 4.10.	Profil Tegangan - Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.	189



Gambar 4.11.	Profil Arus - Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. ....	190
Gambar 4.12.	Rugi-rugi Daya Saluran Aktif dan Reaktif Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. ....	190
Gambar 4.13.	Profil Daya Komplek Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.....	191
Gambar 4.14.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Terhadap Injeksi Unit-Unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS. ....	194
Gambar 4.15.	Profil Tegangan Sistem IEEE 33 BUS Terinjeksi Beberapa Unit DG. ....	196
Gambar 4.16.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Terhadap Injeksi Unit-Unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat – 51 BUS (Surabaya). ....	198
Gambar 4.17.	Profil Tegangan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) Terintegrasi Beberapa Unit DG. ....	200
Gambar 4.18.	Penempatan Saklar-Saklar pada Jaringan RDS-Sistem IEEE-33 BUS. ....	201
Gambar 5.1.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS. ....	206
Gambar 5.2.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ..	208
Gambar 5.3.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ..	208
Gambar 5.4.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.....	209
Gambar 5.5.	Topologi Jaringan Sesudah Rekonfigurasi Kondisi – I. ....	210
Gambar 5.6.	Topologi Jaringan Sesudah Rekonfigurasi Kondisi – II. ....	211
Gambar 5.7.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS. ....	212
Gambar 5.8.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak. ..	214
Gambar 5.9.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak. ...	214
Gambar 5.10.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.....	215
Gambar 5.11.	Topologi Jaringan Sesudah Rekonfigurasi Kondisi – I. ....	216
Gambar 5.12.	Topologi Jaringan Sesudah Rekonfigurasi Kondisi – II. ....	217

Gambar 5.13.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat -51 BUS.....	218
Gambar 5.14.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Banyak. ....	219
Gambar 5.15.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Banyak. ....	220
Gambar 5.16.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Banyak. ....	221
Gambar 5.17.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.....	224
Gambar 5.18.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.....	226
Gambar 5.19.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.....	227
Gambar 5.20.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.....	228
Gambar 5.21.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.....	229
Gambar 5.22.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.....	231
Gambar 5.23.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.....	232
Gambar 5.24.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak. ....	233
Gambar 5.25.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan Riil RDS – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.....	235

Gambar 5.26.	Rugi-Rugi Daya Saluran - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak. ....	237
Gambar 5.27.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Banyak. ....	238
Gambar 5.28.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51– Fungsi Obyektif Tunggal/Banyak. ....	239
Gambar 5.29.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS. ....	242
Gambar 5.30.	Rugi-rugi daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	244
Gambar 5.31.	Profil Tegangan Setiap BUS - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	245
Gambar 5.32.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP - Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	246
Gambar 5.33.	Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP - Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS. ....	247
Gambar 5.34.	Rugi-Rugi Daya Saluran - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	249
Gambar 5.35.	Profil Tegangan Setiap BUS - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.....	250
Gambar 5.36.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak. ....	251
Gambar 5.37.	Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS.....	253
Gambar 5.38.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Multi.....	255

Gambar 5.39.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Multi. ....	256
Gambar 5.40.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP - Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Multi. ....	257
Gambar 5.41.	Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS.....	258
Gambar 5.42.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG - Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak. ....	260
Gambar 5.43.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak. ....	262
Gambar 5.44.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak. ....	263
Gambar 5.45.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP - Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS. ....	266
Gambar 5.46.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	268
Gambar 5.47.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	269
Gambar 5.48.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	270
Gambar 5.49.	Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-I dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	272
Gambar 5.50.	Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-II dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	273
Gambar 5.51.	Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-III dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	274

Gambar 5.52.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.....	275
Gambar 5.53.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak. ....	276
Gambar 5.54.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak. ....	277
Gambar 5.55.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak. ....	278
Gambar 5.56.	Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-I dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak. ....	280
Gambar 5.57.	Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-II dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/banyak. ....	281
Gambar 5.58.	Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-III dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak. ....	282
Gambar 5.59.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS. ....	283
Gambar 5.60.	Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya) -51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda. ....	285
Gambar 5.61.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda. ..	286
Gambar 5.62.	Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda. ....	287
Gambar 5.63.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS. ....	291

Gambar 5.64.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	294
Gambar 5.65.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	295
Gambar 5.66.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	296
Gambar 5.67.	Topologi Jaringan - I Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	298
Gambar 5.68.	Topologi Jaringan - II Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	299
Gambar 5.69.	Topologi Jaringan - III Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	300
Gambar 5.70.	Topologi jaringan - IV Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	301
Gambar 5.71.	Topologi Jaringan - V Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	303
Gambar 5.72.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor	

	Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	304
Gambar 5.73.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	305
Gambar 5.74.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	306
Gambar 5.75.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	308
Gambar 5.76.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	309
Gambar 5.77.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	310
Gambar 5.78.	Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS-Fungsi Obyektif Banyak.....	313
Gambar 5.79.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	315
Gambar 5.80.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	316



Gambar 5.81.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	317
Gambar 5.82.	Topologi jaringan - I Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	320
Gambar 5.83.	Topologi Jaringan - II Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	321
Gambar 5.84.	Topologi Jaringan - III Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	322
Gambar 5.85.	Topologi Jaringan - IV Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	323
Gambar 5.86.	Topologi Jaringan - V Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	324
Gambar 5.87.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	325
Gambar 5.88.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	326
Gambar 5.89.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan	

	Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	327
Gambar 5.90.	Topologi Jaringan - I Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	329
Gambar 5.91.	Topologi Jaringan - II Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	330
Gambar 5.92.	Topologi Jaringan - III Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	331
Gambar 5.93.	Topologi Jaringan - IV Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	332
Gambar 5.94.	Topologi Jaringan - V Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	333
Gambar 5.95.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	335
Gambar 5.96.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	337
Gambar 5.97.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS –	

	Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	338
Gambar 5.98.	Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. ....	340
Gambar 5.99.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit- Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	344
Gambar 5.100.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit- Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	345
Gambar 5.101.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit- Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	346
Gambar 5.102.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	349
Gambar 5.103.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit- Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	350
Gambar 5.104.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit- Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	351
Gambar 5.105.	Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit- Unit DG Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS-FO Banyak. ....	354

Gambar 5.106.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Banyak– Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi. ....	356
Gambar 5.107.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	357
Gambar 5.108.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	358
Gambar 5.109.	Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	361
Gambar 5.110.	Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	362
Gambar 5.111.	Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi. ....	363
Gambar 6.1.	Formulasi Pemodelan & Simulasi Advanced-OPF CP Berbasis HCT.....	367

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Penelusuran Publikasi Penelitian dan Kontribusi Penelitian Disertasi.....	12
Tabel 1.2.	Tahapan Kegiatan Penelitian Disertasi dan Target Publikasi.....	17
Tabel 2.1.	Teknologi DG Paling Sering Digunakan Beserta Ukuran Modulnya ,[226], [150].....	39
Tabel 2.2.	Klasifikasi DG Berdasarkan Kapasitas Pembangkit, [113].....	39
Tabel 2.3.	Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Teknologi DG, [113]. ....	40
Tabel 2.4.	Dampak Kegiatan CP pada Jaringan RDS, [52].....	73
Tabel 2.5.	Substation vs. Feeder Capacitors, [223]. ....	83
Tabel 2.6.	Studi Perencanaan dan Disain Sistem Distibusi dengan Penetrasi Unit-Unit DG, [145]. ....	129
Tabel 4.1.	Verifikasi & validasi Aliran Daya – Tegangan Jaringan RDS....	180
Tabel 4.2.	Verifikasi & Validasi Aliran Daya – Arus Jaringan RDS.....	181
Tabel 4.3.	Verifikasi & Validasi Aliran Daya – Total Rugi-Rugi Daya Aktif Jaringan RDS.....	181
Tabel 4.4.	Verifikasi & Validasi Aliran Daya – Total Rugi-Rugi Daya Reaktif Jaringan RDS.....	181
Tabel 4.5.	Performansi Sistem IEEE-33 BUS ketika Unit-Unit DG Diintegrasikan.....	195
Tabel 4.6.	Performansi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) Ketika Unit-Unit DG Diinjeksikan.....	197
Tabel 5.1.	Performansi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.....	207
Tabel 5.2.	Performansi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.....	213
Tabel 5.3.	Performansi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. ....	219
Tabel 5.4.	Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.....	225
Tabel 5.5.	Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dan Injeksi Varian Kapasitor Bank. ....	230

Tabel 5.6.	Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE-33 BUS dengan Optimasi Tujuan Tunggal maupun Banyak. ....	234
Tabel 5.7.	Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS dengan Optimasi Tujuan Tunggal maupun Banyak. ....	236
Tabel 5.8.	Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Integrasi Varian Unit DG.....	243
Tabel 5.9.	Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dan Integrasi Varian Unit DG.....	248
Tabel 5.10.	Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Ganda dan Integrasi Varian Unit DG.....	253
Tabel 5.11.	Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dan Integrasi Varian Unit DG.....	259
Tabel 5.12.	Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.....	267
Tabel 5.13.	Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak dan Injeksi Varian Kapasitor Bank. ....	275
Tabel 5.14.	Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda dan Injeksi Varian Kapasitor Bank. ....	284
Tabel 5.15.	Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan;Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal, Integrasi Unit DG dan Injeksi Varian Kapasitor Bank. ....	292
Tabel 5.16.	Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan;Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak, Integrasi Unit DG dan Injeksi Varian Kapasitor Bank. ....	314
Tabel 5.17.	Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan;Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51	

	BUS – Fungsi Obyektif Tunggal, Integrasi Unit DG dan Injeksi Varian Kapasitor Bank. ....	341
Tabel 5.18.	Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan;Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak, Integrasi Unit DG dan Injeksi Varian Kapasitor Bank. ....	355
Tabel 6.1.	Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Rekonfigurasi Sistem IEEE-33 BUS.....	368
Tabel 6.2.	Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Rekonfigurasi Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.....	369
Tabel 6.3.	Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS. ....	370
Tabel 6.4.	Advanced OPF-CP Berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. ....	371
Tabel 6.5.	Advanced OPF-CP Berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit DG Sistem IEEE-33 BUS. ....	372
Tabel 6.6.	Advanced OPF-CP Berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit DG Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.....	373
Tabel 6.7.	Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II – Rekonfigurasi dan Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS. ....	375
Tabel 6.8.	Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II – Rekonfigurasi dan Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.....	376
Tabel 6.9.	Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III – Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS.....	378
Tabel 6.10.	Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III – Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. ....	380
Tabel 7.1.	Performansi Awal Jaringan RDS.....	384
Tabel 7.2.	Skalabilitas Operasi Sistem Distribusi Jaringan RDS.....	386
Tabel 7.3.	Optimasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT – Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS. ....	389
Tabel 7.4.	Optimasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT – Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.....	390

< halaman ini sengaja dikosongkan >



## DAFTAR SINGKATAN

ABC	Artificial Bee Colony
ACO	Ant Colony Optimization
ACSA	Ant Colony Search Algorithm
ADMS	Advanced Distribution Management System
ANM	Active Network Management
Advanced-OPF	Advanced-Optimal Power Flow
BCBV	Branch Current to Bus Voltage
BF	Bacteria Foraging
BFS	Backward-Forward Sweep
BGSA	Binary Gravitational Search Algorithm
BIBC	Bus Injection to Branch Current
BPSO	Binary Particle Swarm Optimization
CBGA	Chu dan Beasley Algorithm Genetic
CHCA	Combined Heuristic Constructive Algorithm
CP	Coordinated Planning
CPP	Capacitor Placement Problem
DAS	Distribution Automation Systems
DE	Differential Evolution
DG	Dispersed Generations or Distributed Generations
DMS	Distribution Management System
DNA	Distribution Network Analysis
DNP	Distribution Network Planning
DP	Dynamic Programming
DSR	Distribution System Reconfiguration
DSRA	Distribution Solutions of the Reconfiguration Algorithm
DSS	Decision Support System
DSS-CP	Decision Support System – Coordinated Planning
DSS-CP based on HCT	Decision Support System – Coordinated Planning based on Hierarchical Clustering Technique
EDS	Electrical Distribution System
EPRI	Electric Power Research Institute
ETAP	Electrical Transient and Analysis Program
FO	Fungsi-fungsi Obyektif
GA	Genetic Algorithm
GIS	Geographical Information System
CIGRE	International Conference on Large High Voltage Electric System
HCA	Hybrid Capacitor Algorithm
HCT	Hierarchical Clustering Technique
HDMB	Hasiao Dong & Mesut Baran
HS	Harmony Search
HSFLA	Hybrid Shuffled Frog Leaping Algorithm
HS-PABC	Hybrid Heuristic Search Algorithm
HV	High Voltage
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers

KA	Kruskal Algorithm
KCL	Kirchoff's current law
KVL	Kirchoff's voltage law
LCC	Life Cycle Costs
LIBC	Load Injection to Branch-Current
LOL	Loss Of Load
LP	Linear Programming
LRSV	Lemus Ruiz Suchite Viramontes
LV	Low Voltage
MATLAB	MATrix LABoratory
MOP	Multi-Objective Planning
MST	Minimal Spanning Tree
MV	Middle Voltage
NC	Normally Closed
NRP	Network Reconfiguration Problem
NLP	Non Linear Programming
NO	Network Optimization
NO	Normally Open
NSGA-II	Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II
NT	Network Topology
OCA	Optimal Capacitor Allocation
ODGA	Optimal Distributed Generation Allocation
ODGP	Optimal Distributed Generation Placement
OO	Ordinal Optimization
OPC	Optimal Placement Capacitor
OPF	Optimal Power Flow
PABC	Particle Artificial Bee Colony
PDG	Maximization active power output of DG units
PDP	Power Distribution Planning
PFA	Power Flow Algorithm
PGSA	Plant Growth Simulation Algorithm
PLN	Pusat Listrik Negara
PLOSS	Minimization of line losses
PSO	Particle Swarm Optimization
PV	Photo-Voltaic
RCGA	Real Coded Genetic Algorithm
RT OP	Real-Time Operational Planning
RDS	Radial Distribution System
RWO	Real World Optimization
SA	Simulated Annealing
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SDN	Smart Distribution Network
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SG	Smart Grid
SLD	Single Line Diagram
SQP	Sequential Quadratic Programming
SS	Sub-Station
TLBO	Teaching Learning Based Optimization

TP	Traditional Planning
TS	Tabu Search
$\Delta$ VOLT	Minimization of voltage deviation

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## DAFTAR LAMBANG

Simbol	Keterangan	Dimensi
$ I $	nilai mutlak ; magnitude	
$\angle$	nilai sudut	
$i$	index : simpul sumber	
$j$	index : simpul penerima / cabang	
$n$	jumlah simpul/bus	
$s$	simpul sumber	
$x$	variable keputusan	
$X$	daerah yang layak	
$r$	simpul penerima	
$\theta$	sudut fasa	rad
$\theta_i$	sudut arus beban pada simpul ke-i,	rad
$\theta_{vi}$	sudut tegangan pada simpul ke-i	rad
$I$	arus magnitude	A
$ I_i $	magnitude arus beban pada simpul ke-i,	A
$ I_{cbj} $	magnitude arus pada cabang j	A
$\angle I_{cbj}$	sudut arus pada cabang j	rad
$I_s(j)$	arus pada ujung simpul pengirim dari cabang j	A
$I_R(j)$	arus pada ujung simpul penerima dari cabang j	A
$I_i^k$	injeksi arus ekivalen pada iterasi ke-k	A
$I_i^r$	bagian real dari injeksi arus ekivalen pada iterasi ke-k	
$I_i^i$	bagian imajiner dari injeksi arus ekivalen pada iterasi ke-k	
$S$	daya komplek	kVA
$V$	tegangan magnitude	Volt
$ V_i $	magnitude tegangan pada simpul i	Volt
$V_s$	tegangan magnitude di simpul sumber	Volt
$V_r$	tegangan magnitude di simpul penerima	Volt
$V_q$	tegangan magnitude di simpul q	Volt
$V_i^k$	tegangan simpul pada iterasi ke-k	Volt
$V_q^{min}$	nilai-nilai minimum dari tegangan pada bus q	0,95 p.u.
$V_q^{max}$	nilai-nilai maksimum dari tegangan pada bus q	1,05 p.u.
$I_{pq}^{rated}$	batas termal cabang antara simpul p dan q	
$\cos \phi_q$	faktor daya DG pada simpul ke-q	
$P$	beban aktif	kW
$P_0$	komponen aktif	

$P_i$	- daya aktif yang diumpankan pada simpul i - aliran daya aktif ke dalam pengiriman akhir cabang $i + 1$ yang menghubungkan bus $i$ dan bus $i + 1$ .	kW
$PL_i$	daya aktif beban di simpul $i$	kW
$P_{loss}(i,i+1)$	rugi-rugi daya aktif dalam bagian saluran antara bus-bus $i$ dan $i+1$	kW
$P_n$	daya aktif yang mengalir ke dalam bus akhir ( $n$ )	kW
$P_O$	daya aktif akhir yang terkirim	kW
$P_{factor}$	pendekatan rugi-rugi daya aktif	kW
$P_{Li+1}$	daya aktif beban	kW
$Q$	beban reaktif	kVar
$Q_{CAP}$	daya reaktif yang diinjeksi kapasitor bank pada jaringan RDS	kVar
$Q_i$	- daya reaktif yang diumpankan pada simpul $i$ - aliran daya reaktif ke dalam pengiriman akhir cabang $i + 1$ yang menghubungkan bus $i$ dan bus $i + 1$ .	kVar
$QL_i$	daya reaktif beban di simpul $i$	kVar
$Q_0$	komponen reaktif	
$Q_n$	daya reaktif yang mengalir ke dalam bus akhir ( $n$ )	kVar
$Q_O$	daya reaktif akhir yang terkirim	kVar
$Q_{factor}$	pendekatan rugi-rugi daya reaktif	
$Q_{Li+1}$	daya reaktif beban	
$R$	resistansi saluran; kumpulan bilangan real.	Ohm
$X$	reaktansi saluran; solusi-solusi yang layak	Ohm
NB	jumlah total simpul	
LN	jumlah total cabang-cabang	
$L_p$	rugi-rugi aktif dalam saluran	kW
$L_q$	rugi-rugi reaktif dalam saluran	kVar
$LP_j$	rugi-rugi daya aktif pada cabang $j$	kWatt
$LQ_j$	rugi-rugi daya reaktif pada cabang $j$	kVar
$Z$	impedansi	Ohm
$f(.)$	fungsi obyektif ke -i	
$F_1^0, F_2^0 \& F_3^0$	nilai-nilai fungsi obyektif sebelum optimasi	
$w$	factor pembobot fungsi obyektif	
$G(x)$	kesamaan kendala-kendala ( <i>constraints</i> )	
$H(x)$	ketidaksamaan kendala-kendala ( <i>constraints</i> )	
$P_{pq}(Q_{pq})$	aliran-aliran daya aktif (reaktif) pada ujung pengiriman;	kW

$R_{pq}(X_{pq})$	resistansi (reaktansi) secara seri	Ohm
$P_q^{DG} = Q_q^{DG}$	daya aktif (reaktif) injeksi dari unit-unit DG	
$Q_q^C$	daya reaktif injeksi dari kapasitor bank	
$P_q^L(Q_q^L)$	total beban permintaan aktif(reaktif) pada simpul q	
$P_q^F(Q_q^F)$	ah penjumlahan aliran daya aktif(reaktif) yang melalui semua cabang-cabang ujung terhubung dengan simpul q	
$\Delta P_{Loss}^{CAP}$	perbedaan antara rugi-rugi daya sebelum dan sesudah yang diinjeksi kapasitor bank pada jaringan RDS	
$\sum_{i=0}^n P_{L_{i+1}}$	penjumlahan daya aktif seluruh beban	
$\sum_{i=0}^n Q_{L_{i+1}}$	penjumlahan daya reaktif seluruh beban pada seluruh bus	
$\sum_{i=0}^n r_{i+1}$	penjumlahan resistansi seluruh saluran semua bus	
$\sum_{i=0}^n x_{i+1}$	penjumlahan reaktansi seluruh saluran semua bus	
$P_{DG_i}^{\min}, P_{DG_i}^{\max}$	batas-batas bawah/atas daya aktif/reaktif dari unit pembangkit DG dan batas-batas	
$Q_{DG_i}^{\min}, Q_{DG_i}^{\max}$	bawah/atas daya reaktif dari kapasitor bank	
$Q_{CAP_i}^{\min}, Q_{CAP_i}^{\max}$		

< halaman ini sengaja dikosongkan >



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebuah sistem tenaga listrik yang berisi semua peralatan listrik diperlukan untuk memasok energi listrik ke konsumen. Peralatan listrik tersebut mencakup generator-generator, trafo-trafo (*step-up* dan *step-down*), saluran-saluran transmisi, saluran-saluran subtransmisi, kabel-kabel dan *switchgear*. Sistem tenaga listrik dibagi menjadi tiga bagian utama. Bagian pertama adalah sistem pembangkit (*generation system*) di mana tenaga listrik dihasilkan oleh pembangkit - pembangkit listrik yang dimiliki oleh penyedia pembangkitan listrik atau pemasok independen/swasta. Bagian kedua adalah sistem transmisi (*transmission system*) yang bertanggung jawab untuk pengiriman tenaga listrik ke pusat-pusat beban melalui kabel-kabel atau jalur-jalur transmisi. Bagian ketiga adalah sistem distribusi (*distribution system*) di mana tegangan turun pada gardu induk-gardu induk ke tingkat tegangan menengah (*medium voltage*-MV) [1].

Sistem distribusi menyediakan suatu link antara sistem transmisi tegangan tinggi (*high voltage*-HV) sampai tegangan menengah (MV) dan konsumen-konsumen tegangan rendah (*low voltage*-LV) sehingga rugi-rugi saluran  $I^2R$  dalam sistem terdistribusi tinggi karena tegangan rendah dan arus tinggi pada saluran tersebut. Rugi-rugi saluran dalam jaringan sistem transmisi dan sistem distribusi merupakan kerugian terbesar dalam sistem tenaga listrik sampai saat ini. Karena peningkatan cepat dalam permintaan kebutuhan listrik, kendala-kendala lingkungan dan skenario pasar energi yang kompetitif maka sistem transmisi dan sistem distribusi sering dioperasikan pada kondisi-kondisi pembebanan yang berat. Dan rugi-rugi daya saluran sistem distribusi telah menjadi perhatian yang lebih dalam pada dekade sekarang maupun yang akan datang. Oleh sebab itu, sejak tiga dekade terakhir penelitian pada sistem distribusi telah difokuskan pada meminimumkan rugi-rugi daya saluran dan pengaturan tegangan [2].

Pada umumnya sistem distribusi adalah radial. Sifat radial memiliki kesederhanaan dalam operasionalnya. Sistem distribusi radial (*radial distribution system*-RDS) hanya memiliki sebuah gardu induk sebagai satu-satunya sumber

listrik. Gardu induk menerima listrik dari stasiun pembangkit terpusat melalui interkoneksi jaringan transmisi. Pelanggan listrik menerima tenaga listrik dari gardu induk melalui RDS dimana RDS tersebut merupakan jaringan pasif. Oleh karena itu, aliran daya listrik di RDS adalah searah. Rasio  $X / R$  yang tinggi pada saluran-saluran distribusi menghasilkan drop tegangan yang besar, stabilitas tegangan rendah dan rugi-rugi daya. Itu semuanya menyebabkan penurunan kualitas daya pada operasional RDS [3] - [4].

Rugi-rugi saluran dalam jaringan RDS merupakan konsekuensi tak terelakkan dari penyebaran energi antara zona gardu induk-gardu induk (*sub-stations – SS*) menuju konsumen. Rugi-rugi saluran tidak memberikan pendapatan (*revenue*) untuk fasilitas sistem distribusi dan sering-sering menjadi salah satu faktor yang harus dikendalikan ketika tindakan evaluasi perencanaan alternatif dan strategi operasi sistem distribusi dilakukan [1].

Dalam dekade terakhir, beberapa upaya dilakukan untuk peningkatan profil tegangan dan sekaligus pengurangan/penurunan rugi-rugi daya melalui penempatan sumber-sumber daya reaktif secara terdistribusi. Salah satunya adalah penempatan lokasi dan ukuran kapasitor yang optimal pada jaringan RDS. Meskipun teknik penempatan lokasi dan ukuran kapasitor yang optimal cukup menjanjikan tetapi perbaikan-perbaikan yang diperoleh pada profil tegangan RDS masih berada di bawah tegangan rata-rata atau tegangan keadaan tunak (*steady state*) yang diinginkan adalah 1,0 p.u.. Selain itu, RDS masih kurang dapat diandalkan karena sifatnya masih pasif [4].

Baru-baru ini, solusi-solusi telah yang direkomendasikan untuk mengatasi kepasifan jaringan RDS dengan mengintegrasikan sumber listrik kapasitas kecil berbasis teknologi energi baru terbarukan untuk peningkatan kualitas daya listrik. Sumber-sumber listrik tersebar dengan kapasitas kecil berbasis teknologi energi baru terbarukan pada jaringan RDS disebut sebagai pembangkit-pembangkit tersebar/terdistribusi ( *dispersed generations or distributed generations - DG*)[4].

Aliran daya sistem distribusi merupakan komponen utama formulasi dari perencanaan dan operasi jaringan RDS. Aliran daya terus mengalami perkembangan baik di jaringan distribusi radial atau jaringan distribusi lainnya. Pada prinsipnya hasil simulasi aliran daya tersebut adalah besar (*magnitude*), sudut

fasa (*angel*) dari tegangan masing-masing bus dan aliran daya aktif dan daya reaktif pada tiap saluran. Hasil simulasi aliran daya biasanya digunakan untuk perencanaan dan perancangan ekspansi jaringan RDS, mengetahui rugi-rugi daya di tiap-tiap saluran dan mengevaluasi jaringan yang ada. Oleh sebab itu dibutuhkan strategi perencanaan dan operasi dalam jaringan RDS tersebut. Strategi perencanaan dan operasi selama ini adalah perancangan perluasan gardu induk dan pembangunan gardu induk baru. Hal ini biasanya disebabkan oleh kebutuhan daya listrik suatu sistem jaringan distribusi radial yang berubah-ubah setiap saat dan pertumbuhan beban selalu meningkat [5]-[51].

Keberagaman strategi perencanaan dan operasi dalam jaringan RDS telah banyak dilakukan dan salah satunya perencanaan terkoordinasi (*coordinated planning*)[52, 53]. Perencanaan terkoordinasi adalah suatu kegiatan perencanaan untuk mengkoordinasikan kegiatan rekonfigurasi jaringan (*network reconfiguration*) [54-69], penempatan dan penetapan ukuran kapasitor (*placement and sizing of capacitor*) [70-78] serta penempatan dan penetapan ukuran pembangkit-pembangkit terdistribusi (*placement and sizing of distributed generations - DGs*) pada sistem jaringan distribusi radial [3, 79-114]. Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi tersebut merupakan persoalan optimasi dimana setiap optimasi memiliki fungsi obyektif tunggal (*single*) maupun jamak (*multi*) dan memenuhi kendala-kendala (*constraints*) yang ditetapkan [115-124]. Perencanaan terkoordinasi menghasilkan strategi terbaik melalui sejumlah kombinasi alternatif yang mungkin baik secara berurutan (*sequential*) maupun bersamaan (*simultaneous*). Strategi yang terbaik harus dapat memecahkan permasalahan multi fungsi obyektif dengan kendala-kendala yang ditetapkan melalui penyelesaian aliran daya optimal (*Optimal Power Flow – OPF*) [125-129].

Penelitian disertasi ini mengembangkan dan menerapkan OPF dalam kegiatan perencanaan terkoordinasi untuk menghasilkan strategi terbaik melalui sejumlah kombinasi alternatif yang mungkin baik secara berurutan (*sequential*) maupun bersamaan (*simultaneous*) yang dipecahkan melalui penyelesaian aliran daya optimal lanjut (*Advanced-Optimal Power Flow – Advanced - OPF*) berbasis *Hierarchical Cluster Technique-HCT*. *Advanced-OPF* berbasis HCT diintegrasikan dalam simulator sistem pengambil keputusan perencanaan

terkoordinasi (*Decision Support System Coordinated Planning –DSS CP*) pada kegiatan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS untuk sistem standar/IEEE maupun sistem riil.

## 1.2 Perumusan dan Batasan Masalah

Penyelesaian OPF yang diterapkan dalam penelitian disertasi ini adalah penyelesaian persoalan optimasi dengan fungsi obyektif tunggal (*single objective*) maupun fungsi obyektif jamak (*multi objectives*) menggunakan beberapa metode. Perumusan permasalahan penelitian disertasi ini adalah :

1. Seberapa jauh penyelesaian OPF yang diusulkan dan ditetapkan sebagai penyelesaian OPF lanjut (*advanced OPF*) sebagai penyelesaian OPF yang diterapkan untuk strategi perencanaan terkoordinasi (*Coordinated Planning – CP*) jaringan sistem distribusi radial?
2. Bagaimanakah formulasi *advanced-OPF* CP menggunakan teknik pengelompokan secara hirarki (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) [130-140] berbasis skala prioritas diterapkan pada kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS?
3. Apakah *advanced-OPF* CP berbasis HCT mampu menganalisis rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penetapan ukuran kapasitor serta penempatan dan penetapan ukuran DGs sehingga dapat meminimumkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimalkan daya aktif keluaran DGs (PDGs) dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai kondisi jaringan sistem distribusi radial?

Ruang lingkup batasan masalah penelitian disertasi ini adalah:

1. Obyek yang dikaji adalah jaringan RDS (satu fasa atau tiga fasa) dan (seimbang maupun tidak seimbang).
2. Algoritma aliran daya yang digunakan adalah *Backward-Forward Modified* dan *Network Topologi*.
3. Algoritma optimasi untuk aliran daya optimal dapat memiliki fungsi obyektif tunggal (*single*) atau banyak (*multi*) dengan kendala-kendala (*constraints*) yang telah ditetapkan.

4. Metode optimasi yang digunakan sesuai kebutuhan dan tidak semua metode disimulasikan.
5. *Advanced OPF* yang dikembangkan hanya untuk kegiatan perencanaan terkoordinasi.
6. Simulator perencanaan terkoordinasi sebagai salah satu rekomendasi untuk kegiatan perencanaan, operasi dan optimasi pada jaringan RDS. Simulator perencanaan terkoordinasi masih belum mempertimbangkan faktor biaya dan faktor feasibilitas.
7. Sistem tenaga listrik yang dikaji hanya pada sistem jaringan distribusi bukan sistem pembangkit dan sistem transmisi.
8. DGs yang terintegrasi pada jaringan RDS bersifat umum dan memiliki karakteristik yang telah ditetapkan.

### **1.3 Tujuan dan Target Penelitian**

Penelitian disertasi ini bertujuan peningkatan kualitas daya pada perencanaan, operasi dan optimasi pengembangan jaringan RDS. Sistem jaringan RDS merupakan sistem jaringan distribusi terbuka dengan aliran daya listrik yang disalurkan secara radial melalui gardu induk menuju ke beban. Sistem ini merupakan sistem yang paling sederhana dan ekonomis karena sesuai konstruksinya sistem ini menggunakan komponen listrik yang minimum. Tetapi disisi lain, jaringan RDS ini kurang handal karena penyaluran daya listrik hanya dilakukan melalui satu saluran utama saja. Dan jika terjadi gangguan pada sistem ini akan menghambat penyaluran aliran daya listrik. Apalagi sistem ini mempunyai jarak saluran utamanya yang sangat panjang akan mempengaruhi rugi-rugi daya saluran semakin besar dan kapasitas pelayanan sistem jaringan distribusi radial yang terbatas. Untuk itulah diperlukan sebuah perencanaan aliran daya optimal (*optimal power flow - OPF*) yang digunakan untuk menentukan pola operasi dan meningkatkan kualitas daya jaringan RDS. OPF dalam jaringan RDS digunakan untuk meminimumkan rugi-rugi daya saluran, meminimumkan deviasi tegangan dan memaksimalkan daya keluaran DGs yang terintegrasi dengan mempertimbangkan keseimbangan daya, batas-batas pembebanan dan kendala-kendala kapasitas saluran. Penyelesaian OPF diterapkan pada kegiatan

perencanaan terkoordinasi bertujuan untuk mereduksi rugi-rugi daya saluran, menurunkan deviasi tegangan dan menjaga daya aktif keluaran DGs melalui rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penetapan ukuran kapasitor serta penempatan dan penetapan ukuran DGs yang terintegrasi pada sistem jaringan distribusi radial.

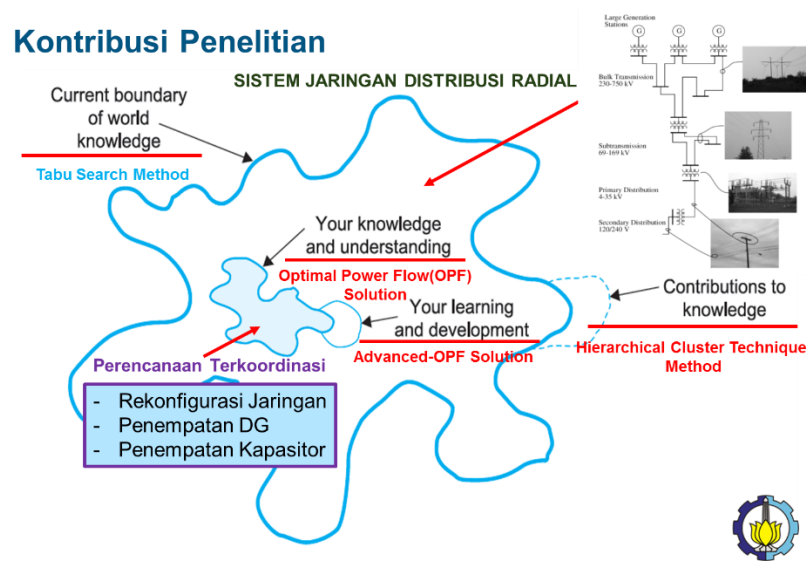
Dalam penelitian disertasi ini mempunyai beberapa fokus dengan target/obyektivitas tujuan ditetapkan sebagai berikut :

1. Menghasilkan formulasi algoritma aliran daya pada jaringan RDS dengan beberapa metode yang efektif dan efisien. Target keluaran formulasi aliran daya tersebut dapat mengetahui rugi-rugi daya saluran, profil tegangan pada system jaringan distribusi radial baik sebelum dan sesudah terintegrasi DGs.
2. Menghasilkan formulasi algoritma OPF yang memiliki performansi terbaik untuk peningkatan kualitas daya pada jaringan RDS. Target performansi terbaik adalah meminimumkan rugi-rugi daya saluran, meminimumkan deviasi tegangan dan memaksimumkan daya aktif jaringan yang terintegrasi DGs dengan mempertimbangkan keseimbangan daya, batas-batas pembebanan dan kendala-kendala kapasitas saluran pada kegiatan perencanaan terkoordinasi.
3. Mengembangkan formulasi baru algoritma OPF terapan (*advanced-OPF*) yang dipadukan dengan penerapan teknik cluster hirarki (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*). Target pengembangan formulasi baru tersebut adalah peningkatan kualitas daya pada jaringan RDS melalui strategi yang optimal dari hasil kegiatan perencanaan terkoordinasi.
4. Menghasilkan unjuk-kerja penyelesaian *advanced-OPF* CP berbasis *Hierarchical Clustering Technique-HCT* dalam peningkatan kualitas daya pada kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS pada beberapa sistemstandar IEEE dan sistem riil jaringan RDS. Target unjuk-kerja tersebut adalah dihasilkan suatu sistem pendukung keputusan yang proposional untuk operasi system jaringan distribusi radial sesuai kondisi dan kebutuhan yang ditetapkan dalam perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS.

## 1.4 Kontribusi dan Orisinalitas Penelitian

Penelitian disertasi ini memberikan kontribusi yang penting dalam perencanaan dan operasi sistem jaringan distribusi listrik, meliputi:

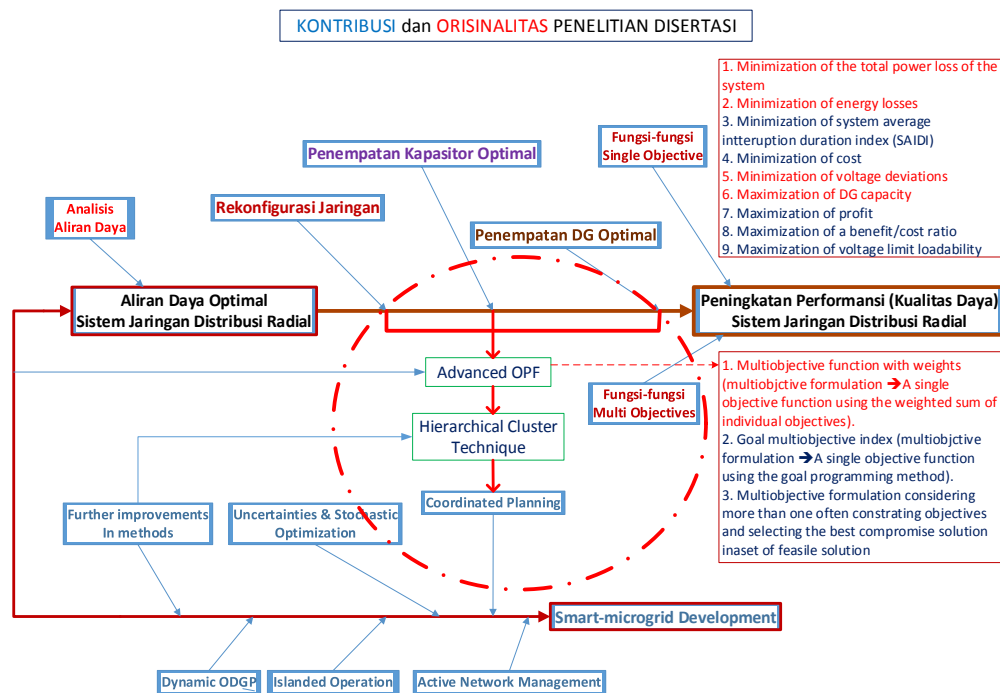
- Pemodelan, formulasi, dan optimasi penyelesaian algoritma dan analisis aliran daya jaringan RDS [5-7, 9-13, 16, 18, 20, 21, 27, 28, 33, 34, 36, 37, 42-44, 50, 51].
- Pemodelan, formulasi, dan optimasi penyelesaian algoritma aliran daya optimal (OPF) dan pengembangan aliran daya optimal lanjut (*advanced-OPF*) untuk kegiatan perencanaan terkoordinasi (*coordinated planning*) pada jaringan RDS [52, 53].
- Pengembangan metode *Hierarchical Clustering Technique-HCT* (seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1) diaplikasikan pada penyelesaian *advanced-OPF* untuk strategi kegiatan perencanaan terkoordinasi (*coordinated planning*) pada jaringan RDS[130, 132, 133, 135, 138].



Gambar 1.1. Kontribusi Penelitian Disertasi.

Orisinalitas penelitian disertasi ini adalah pengembangan formulasi algoritma aliran daya (*Power Flow Algorithm-PFA*) yang memiliki performansi terbaik untuk tujuan menurunkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), menurunkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan meningkatkan daya aktif keluaran DGs

(PDGs) untuk peningkatan kualitas daya pada kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS. Selain itu, originalitas penelitian disertasi ini adalah pengembangan metode penyelesaian *advanced-OPF* berbasis *Hierarchical Clustering Technique-HCT* dalam peningkatan kualitas daya pada kegiatan perencanaan terkoordinasi sistem jaringan distribusi radial pada sistem standar IEEE dan sistem riil. Hubungan antara kontribusi dan originalitas penelitian disertasi ini ditunjukkan seperti pada Gambar 1.2. HCT memiliki peranan penting sebagai pengambil keputusan untuk strategi perencanaan terkoordinasi dalam operasi sistem jaringan distribusi. Prinsip HCT menghasilkan keputusan yang terbaik (optimal) dan memungkinkan strategi perencanaan terkoordinasi nantinya dapat diterapkan pada sistem standar IEEE dan sistem riil jaringan RDS.



Gambar 1.2. Kontribusi dan Orisinalitas Penelitian Disertasi.

Untuk lebih jelasnya, tahapan penelitian disertasi, penelusuran melalui studi referensi dan studi lapangan dipaparkan pada Gambar 1.3 dan Tabel 1.1. Gambar 1.3 merupakan rekam jejak (*track record*) tahapan selama penelitian disertasi yang telah dan sedang dilakukan. Sedangkan Tabel 1.1 merupakan penelusuran beberapa



paper publikasi yang menjadi acuan penelitian dan beberapa paper hasil-hasil yang telah dilakukan selama penelitian.

Berdasarkan uraian dan paparan diatas, penelitian disertasi ini masih asli dan belum pernah ada topik tentang peningkatan kualitas daya pada kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS melalui pengembangan metode penyelesaian advanced-OPF berbasis *Hierarchical Clustering Technique*-HCT.

Penelitian disertasi ini telah dihasilkan pengembangan formulasi algoritma aliran daya optimal lanjut (*Advanced - OPF*) berbasis HCT yang memiliki performansi terbaik untuk tujuan meminimumkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimalkan daya aktif keluaran DGs (PDGs) untuk peningkatan kualitas daya pada kegiatan perencanaan terkoordinasi pada jaringan RDS. Selain itu, penelitian disertasi ini telah dihasilkan simulator sistem pengambil keputusan perencanaan terkoordinasi (*Decision Support System Coordinated Planning – DSS - CP*) untuk menunjang perencanaan, operasi dan optimasi pada sistem standar IEEE dan sistem riil jaringan RDS.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

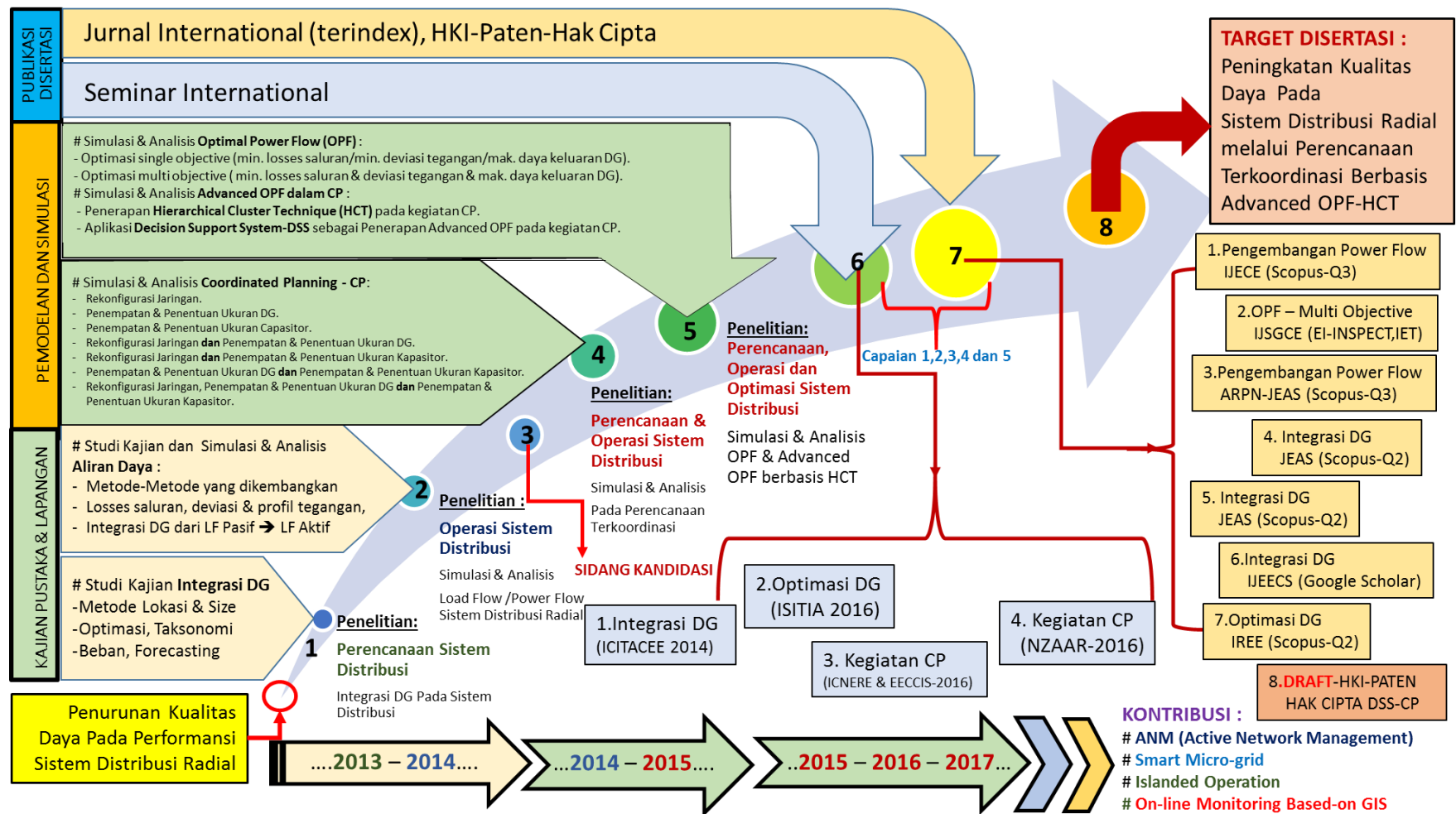
Manfaat hasil penelitian disertasi ke depan diharapkan dapat memberikan manfaat yang berarti dalam sebuah perencanaan aliran daya optimal yang digunakan untuk menentukan pola operasi dan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS. Sebab selama ini formulasi perencanaan aliran daya optimal sistem distribusi masih mengacu pada sistem transmisi. Padahal pola penyaluran daya listrik di sistem distribusi jelas berbeda dengan sistem transmisi. Formulasi penyelesaian OPF pada sistem jaringan distribusi radial dapat digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya saluran dan level deviasi tegangan serta meningkatkan daya aktif keluaran DGs melalui kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor dan penempatan DG. Penyelesaian OPF yang diterapkan pada kegiatan perencanaan terkoordinasi sistem jaringan distribusi radial disebut penyelesaian *advanced-OPF*.

Penyelesaian *advanced-OPF* merupakan penyelesaian OPF lanjut untuk menganalisis konfigurasi jaringan, penempatan kapasitor dan penempatan DG secara simultan dengan tujuan meningkatkan kualitas daya sistem jaringan distribusi

radial melalui meminimumkan rugi-rugi daya saluran, meminimumkan level deviasi tegangan dan memaksimumkan daya aktif keluaran DG yang terinjeksi dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi sistem jaringan distribusi radial. Penyelesaian *advanced-OPF* berbasis *Hierarchical Clustering Technique-HCT* memberikan kontribusi yang PENTING pada kegiatan *dynamic optimal DG placement (ODGP)*, *active network management (ANM)* dan *islanded operation* dari sistem *smart micro-grid*.

*Dynamic ODGP (Optimal Distributed Generation Placement)*. Penelitian ini masih menerapkan static ODGP. Static ODGP hanya menentukan penempatan dan sizing yang optimal yang diinstalasi pada sistem jaringan distribusi yang sudah ada. Sedangkan *dynamic ODGP* dibutuhkan ketika beberapa tahun kedepan DG dipertimbangkan dan penempatan DG secara optimal sepanjang keseluruhan perencanaan dan operasi sistem jaringan distribusi [52, 53, 146, 147, 148, 149, 150].

*Active Network Management (ANM)*. Perencanaan terdistribusi dalam penelitian ini berpengaruh pada operasi aktif jaringan RDS, yang tentunya melibatkan komunikasi dan kontrol sekaligus mempengaruhi operasi ANM. Penempatan DG tidak hanya untuk mengontrol tegangan tetapi juga untuk mencegah terjadinya *overload*. Penggunaan informasi secara real-time yang berkaitan operasi jaringan dan terkoneksi sumber-sumber DG, penalaan relai proteksi dapat dirubah secara dinamik. Selain itu, penerapan ANM dapat mengurangi total biaya pengintegrasian penetrasi DG yang tinggi. Model-model ODGP dengan melekatnya skema-skema ANM dapat membantu memastikan kualitas daya yang memadai dengan injeksi kapasitas DG pada jaringan RDS [52, 53].



Gambar 1.3. Rekam Jejak (Track Record) Selama Penelitian Disertasi.

Tabel 1.1. Penelusuran Publikasi Penelitian dan Kontribusi Penelitian Disertasi.

No.	Topik	Acuan Referensi - Tahun						Kontribusi Disertasi
		Sampai 2012	2013	2014	2015	2016	Hingga 2017	
1	Konsep peningkatan kualitas daya dalam perencanaan, disain dan operasi sistem distribusi tenaga listrik dengan mengintegrasikan pembangkit tersebar (Distributed Generation-DG).	[4, 141-147]	[52, 148]	[149, 150], [151, 152]	[53]	[153-157], [158-163]	[164, 165]	Kajian integrasi pembangkit tersebar (Distributed Generation-DG). - Jurnal internasional (terindex scopus)=[151],[158, 161, 162] - Konferensi internasional (terindex scopus) = [152],[159, 160, 163]
2	Konsep peningkatan kualitas daya dalam kegiatan perencanaan terkoordinasi (Coordinated Planning-CP).	[146],	[52]		[53]		[166]	Konsep kegiatan perencanaan terkoordinasi (Coordinated Planning-CP). - Konsep Simulator DSS-CP
3	Konsep power flow/load flow sistem distribusi jaringan radial mengintegrasikan pembangkit tersebar (Distributed Generation-DG).	[6, 7, 9-11],[12-21, 23-25],[26-38]	[39, 40]	[41-44], [167]		[5, 45-49]	[50, 51]	Konsep power flow/load flow sistem distribusi jaringan radial dengan integrasi DG. - Pengembangan power flow/load flow untuk Simulator DSS-CP. - Jurnal internasional (terindex scopus) = [167]
4	Konsep optimal power flow (OPF) – Optimasi single/multi objective pada kegiatan perencanaan terkoordinasi.	[115]		[168]	[116, 117]	[118-120]	[121-124]	Konsep optimal power flow (OPF). - Pengembangan OPF untuk Optimasi single/multi objective pada kegiatan CP. - Jurnal internasional (terindex scopus) = [168]
5	Konsep Advanced OPF berbasis Hierarchical Clustering Technique pada kegiatan perencanaan terkoordinasi.	[131-136]	[130]	[137]	[138]	[139, 140]		Konsep Advanced OPF-HCT - Pengembangan Advanced OPF-HCT untuk Simulator DSS-CP.
6	Simulasi & Analisis aliran daya dengan mengintegrasikan DG.	[15, 19, 24, 30, 31, 38]	[40]			[47], [169]		Aliran Daya dengan integrasi DG - Penerapan power flow/load flow pada Simulator DSS-CP. - Jurnal internasional (terindex scopus) = [169]
7	Simulasi & Analisis OPF melalui Optimasi Single / Multi objective.	[125]		[126]	[127]	[128]	[129]	OPF untuk Penyelesaian Optimasi Single / Multi objective. - Penerapan OPF pada Simulator DSS-CP.
8	Perumusan Optimasi – Advanced OPF berbasis HCT Kegiatan CP	[132, 133, 135]	[130]	[137]	[138]			Advanced OPF berbasis HCT untuk Kegiatan CP. - Penerapan Advanced OPF-HCT pada Simulator DSS-CP.

Lanjutan Tabel 1.1. Penelusuran Publikasi Penelitian dan Kontribusi Penelitian Disertasi.

No.	Topik	Acuan Referensi - Tahun						Kontribusi Disertasi
		Sampai 2012	2013	2014	2015	2016	Hingga 2017	
9	Pemodelan dan Simulasi Optimasi OPF Single / Multi objective Kegiatan CP melalui Rekonfigurasi Jaringan.	[8, 54-57]		[58, 59]	[60-63]	[64-67], [170]	[68, 69]	Kegiatan CP melalui Rekonfigurasi Jaringan.. - Operasi Level-1 Advanced OPF-HCT pada Simulator DSS-CP. - Konferensi internasional (terindex scopus) =[170]
10	Pemodelan dan Simulasi Optimasi OPF Single / Multi objective Kegiatan CP melalui Penempatan & Penentuan Ukuran DG.	[79-85]	[86-93]	[94-98]	[99-102, 114]	[3, 103-110]	[111-113]	Kegiatan CP melalui Penempatan & Penentuan Ukuran DG. - Operasi Level-1 Advanced OPF-HCT pada Simulator DSS-CP.
11	Pemodelan dan Simulasi Optimasi OPF Single / Multi objective Kegiatan CP melalui Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor.	[70, 71]	[72]		[73, 74]	[75-78]		Kegiatan CP melalui Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor. - Operasi Level-1 Advanced OPF-HCT pada Simulator DSS-CP.
12	Strategi Advanced OPF – Optimasi Lanjut Kegiatan CP (Berurutan dan Serentak) melalui Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran DG.		[171, 172]	[173, 174]	[175]	[176-180]		Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran DG. - Operasi Level-2 Advanced OPF-HCT pada Simulator DSS-CP.
13	Strategi Advanced OPF – Optimasi Lanjut Kegiatan CP (Berurutan dan Serentak) melalui Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor.	[181-189]			[190, 191]	[192-194]		Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor. - Operasi Level-2 Advanced OPF-HCT pada Simulator DSS-CP.
14	Strategi Advanced OPF – Optimasi Lanjut Kegiatan CP (Berurutan dan Serentak) : Penempatan & Penentuan Ukuran DG dan Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor.	[195-197]	[198]	[199-201]	[202]	[203, 204]		Penempatan & Penentuan Ukuran DG dan Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor. - Operasi Level-2 Advanced OPF-HCT pada Simulator DSS-CP.
15	Strategi Advanced OPF - Optimasi Lanjut Kegiatan CP (Berurutan dan Serentak) melalui Rekonfigurasi Jaringan ; Penempatan & Penentuan Ukuran DG dan Kapasitor .			[205-207]		[208]		Rekonfigurasi Jaringan ; Penempatan & Penentuan Ukuran DG dan penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor . - Operasi Level-3 Advanced OPF-HCT pada Simulator DSS-CP.

Lanjutan Tabel 1.1. Penelusuran Publikasi Penelitian dan Kontribusi Penelitian Disertasi.

No.	Topik	Acuan Referensi - Tahun						Kontribusi Disertasi
		Sampai 2012	2013	2014	2015	2016	Hingga 2017	
16	Simulasi dan Analisis Optimasi Lanjut Kegiatan CP Berbasis <i>Hierarchical Cluster Technique</i> (HCT), melalui - Aplikasi <i>Enginnering Desain</i> Kegiatan CP dalam perencanaan, disain dan operasi sistem distribusi tenaga listrik dengan mengintegrasikan pembangkit tersebar (Distributed Generation-DG). - Model <i>Desain Support System</i> (DSS) Pada Advanced OPF Kegiatan CP berbasis HCT.	[4, 141-147, 209]	[52, 148]	[149, 150]	[53]	[153-157]	[164, 165]	Penerapan Aplikasi <i>Enginnering Desain</i> Kegiatan CP. - Konfigurasi Aplikasi <i>Engineering Desain</i>  Model Protipe DSS Simulator Advanced OPF-HCT. - Simulasi dan Analisa Protipe DSS Simulator Advanced OPF-HCT pada Kegiatan CP. - Pengajuan DRAFT HKI – PATEN – HAK CIPTA – DSS – CP

*Islanded operation.* Islanding secara sengaja dari jaringan distribusi dalam bentuk mikrogrid meningkatkan daya saing ekonomi DGs dan meningkatkan keandalan jaringan distribusi tersebut. Hal ini penting untuk mengidentifikasi sistem penyimpanan masa depan yang akan mengintegrasikan operasi terpisah DGs (*DGs islanding operation*) dan fungsi- fungsi optimasi sistem terhadap kontrol kebutuhan (*demand control*) untuk meningkatkan daya saing ekonomi DGs [52, 53].

On Line Monitoring Berbasis Geographical Information System-GIS. Semua perubahan yang terjadi pada performansi jaringan RDS dapat dimonitoring dengan GIS. Penggunaan GIS lebih difokuskan pada operasi-operasi (integrasi kegiatan perencanaan terkoordinasi) dan pengembangan sistem distribusi yang lebih efektif dan efisien [210, 211].

## 1.6 Ruang Lingkup Pembahasan Disertasi

Disertasi ini merupakan paparan penelitian bertujuan untuk peningkatan kualitas daya pada jaringan RDS melalui perencanaan terkoordinasi. Penyelesaian Advanced-OPF berbasis metode HCT sebagai teknik pengambilan keputusan strategi perencanaan terkoordinasi. Penelitian disertasi ini disusun berdasarkan rekam jejak (*track record*) selama penelitian disertasi (seperti yang ditunjukkan pada Error! Reference source not found.) dan tahapan kegiatan penelitian disertasi an target publikasi (seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.2). Tinjauan lebih jauh ruang lingkup pembahasan penelitian disertasi ini meliputi :

Publikasi paper berisi tentang capaian-capaian publikasi yang terkait secara langsung dan tidak langsung dengan tujuan penelitian disertasi. Paper-paper yang ditulis merupakan bagian-bagian yang membangun kerangka penelitian disertasi. Publikasi paper disajikan dalam bentuk paper untuk jurnal dan konferensi dan merupakan kontribusi keluaran seperti ditunjukkan pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2.

Bab pendahuluan memaparkan tentang gambaran secara umum kerangka utama penelitian disertasi. Dalam bab pendahuluan ini memaparkan tentang Latar Belakang, Perumusan dan Batasan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, Kontribusi dan Orisinalitas Penelitian, dan Ruang Lingkup Pembahasan Disertasi. Bab pendahuluan ini juga memberikan penguatan pentingnya penelitian disertasi terhadap pengembangan jaringan RDS.

Bab kajian pustaka dan dasar teori memaparkan tentang tinjauan pustaka yang membangun kerangka penelitian disertasi melalui review beberapa literatur/referensi. Beberapa referensi yang diacu harus sejalan dan seirama untuk membangun *state of the art* penelitian disertasi. Dari kajian pustaka tersebut muncullah gagasan/ide untuk mempertajam teori-teori dasar yang harus ditanamkan dalam penelitian disertasi. Bab kajian pustaka dan dasar teori nantinya menjadi *body of knowledge* penelitian disertasi yang utuh. Dasar teori dalam penelitian disertasi ini meliputi konsep aliran daya dalam sistem jaringan distribusi radial, peningkatan kualitas daya melalui perencanaan terkoordinasi, konsep aliran daya optimal melalui metode optimasi dengan *single/multi objective* serta penyelesaian aliran daya optimal lanjut berbasis HCT. Penyelesaian OPF berbasis

HCT untuk strategi perencanaan koordinasi merupakan ide/gagasan baru (*novelty*) dalam penelitian disertasi ini.

Bab metode penelitian merupakan inti sari pemaparan yang dalam terhadap kerangka penelitian disertasi. Diawali dengan pemodelan dan simulasi perencanaan terkoordinasi memberikan guide untuk menggambarkan suatu model perencanaan terkoordinasi dibangun dalam jaringan RDS. Ketika model perencanaan terkoordinasi diformulasikan maka model tersebut harus disimulasikan sesuai operasi sistem jaringan distribusi. Tentunya operasi model dan formulasinya diperlukan metode optimasi yang sesuai. Metode optimasi dengan fungsi obyektif single/multi mempengaruhi performansi operasi jaringan RDS. Integrasi pemodelan, simulasi, dan optimasi perencanaan terkoordinasi direpresentasikan dalam Simulator Perencanaan Terkoordinasi. Simulator bekerja sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan dalam perencanaan dan operasi sistem jaringan distribusi radial baik yang sifatnya test sistem / mendekati riil sistem. Tentunya semua proses dalam simulator tersebut sudah dilakukan verifikasi dan validasi terhadap hasil-hasil yang ditampilkan. Untuk menunjukkan performansi simulator yang lebih utuh maka simulator tersebut dapat diterapkan perencanaan terkoordinasi pada operasi jaringan RDS yang ada sesungguhnya. Tentunya simulator nantinya kedepan memberikan peranan yang penting dalam pengembangan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS pada penyedia jaringan distribusi. Hal ini merupakan kontribusi dalam penelitian disertasi ini.

Bab hasil dan pembahasan menggambarkan pemaparan hasil-hasil metode penelitian. Performansi perencanaan terkoordinasi merupakan unjuk kerja yang dicapai ketika perencanaan terkoordinasi dimodelkan, disimulasikan dan dioptimalkan untuk operasi RDS. Performansi disini lebih difokuskan pada serangkaian proses yang terjadi pada strategi kegiatan perencanaan terkoordinasi baik sifatnya berurutan (*sequensial*) atau serempak (*simultaneous*). Untuk mengetahui kualitas performansi perencanaan terkoordinasi dibutuhkan suatu asesmen. Asesmen perencanaan terkoordinasi memberikan keputusan-keputusan yang lebih realistis terhadap perencanaan dan operasi sistem jaringan distribusi radial atas dasar keluaran HCT. Tentunya keluaran HCT tidak selamanya bisa diterima tapi harus dikaji dan dievaluasi berdasarkan kondisi-kondisi yang ada.



Oleh karena itu, rekomendasi perencanaan terkoordinasi harus mutlak diberikan ketika strategi perencanaan terkoordinasi benar-benar bisa diterapkan dalam perencanaan dan operasi sistem jaringan distribusi. Tentunya rekomendasi-rekomendasi yang dihasilkan dapat digunakan untuk memecahkan studi kasus yang terjadi pada penerapan perencanaan terkoordinasi pada sistem jaringan distribusi yang sesungguhnya. Memang tidak mudah rekomendasi itu disarankan terhadap kasus – kasus yang ada peningkatan kualitas daya. Tapi paling tidak hasil penelitian disertasi ini memberikan terobosan yang berarti pada perencanaan dan operasi jaringan RDS ke depan.

Bab kesimpulan dan rekomendasi memaparkan tentang hal-hal yang penting dan yang perlu digarisbawahi terhadap hasil-hasil penelitian serta saran-saran yang perlu disempurnakan dalam disertasi ini. Kesimpulan lebih menekankan seberapa jauh perencanaan terkoordinasi bisa memberikan dampak yang berarti pada peningkatan kualitas daya pada jaringan RDS melalui penyelesaian advanced-OPF berbasis HCT. Saran lebih mengakomodasikan bagaimanakah perencanaan terkoordinasi memberikan performansi yang lebih bagus lagi dan sekaligus seberapa jauh benar-benar bisa diterapkan untuk peningkatan kualitas daya pada sistem jaringan distribusi radial pada sistem yang riil.

Tabel 1.2. Tahapan Kegiatan Penelitian Disertasi dan Target Publikasi.

Tahap	Topik	Kegiatan	Hasil/Target
I	Studi literature & Studi lapangan : - Konsep peningkatan kualitas daya dalam perencanaan, disain dan operasi sistem distribusi tenaga listrik dengan mengintegrasikan pembangkit tersebar ( <i>Distributed Generation-DG</i> ). - Konsep peningkatan kualitas daya dalam kegiatan perencanaan terkoordinasi ( <i>Coordinated Planning-CP</i> ). - Konsep power flow/load flow sistem distribusi jaringan radial mengintegrasikan pembangkit tersebar ( <i>Distributed Generation-DG</i> ). - Konsep <i>Optimal Power Flow</i> (OPF) – Optimasi single/multi	- Melakukan beberapa kajian dan telaah materi dan paper-paper yang terkait. - Melakukan simulasi dan analisis terkait integrasi DG untuk tujuan peningkatan kualitas daya dalam perencanaan, disain dan operasi sistem distribusi tenaga listrik. - Melakukan simulasi dan analisis terkait integrasi DG terkait dengan optimasi pada kegiatan CP.	- Road map penelitian disertasi. - Beberapa publikasi terkait integrasi DG untuk tujuan peningkatan kualitas daya dalam perencanaan, disain dan operasi sistem distribusi tenaga listrik meliputi : Konferensi Internasional : - ICESTI 2014 (10-13 September 2014). - ICITACEE 2014 (8-9 Nopember 2014). Jurnal Internasional :

Lanjutan Tabel 1.2. Tahapan Kegiatan Penelitian Disertasi dan Target Publikasi.

Tahap	Topik	Kegiatan	Hasil/Target
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- objective pada kegiatan perencanaan terkoordinasi</li> <li>- Konsep Advanced OPF berbasis <i>Hierearchical Clustering Technique</i> pada kegiatan perencanaan terkoordinasi.</li> </ul> <p>Kerjasama penelitian ke Area Pengatur Distribusi Jawa Timur PT PLN (Persero) Dist Jatim.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan kunjungan dan merealisasikan kerjasama penelitian ke Area Pengatur Distribusi Jawa Timur PT PLN (Persero) Dist Jatim.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juli –Agustus 2014- Telah terbit publikasi Jurnal Internasional IREE-Scopus Q2.</li> <li>- MoU Kerjasama Penelitian - PT PLN (Persero) Dist Jatim dan ITS.</li> </ul>
II.	<p>Peningkatan Kualitas Daya dalam jaringan RDS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Simulasi &amp; Analisis aliran daya dengan mengintegrasikan DG.</li> <li>- Simulasi &amp; Analisis OPF melalui Optimasi Single / Multi objective.</li> <li>- Perumusan Optimasi – Advanced OPF Kegiatan CP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melakukan simulasi &amp; analisis beberapa metode aliran daya dengan mengintegrasikan DG.</li> <li>- Melakukan simulasi &amp; analisis penyelesaian OPF melalui Optimasi Single / Multi objective.</li> </ul>	<p>Beberapa publikasi terkait peningkatan Kualitas Daya dalam sistem distribusi jaringan radial meliputi :</p> <p>Konferensi Internasional : ISITIA-2016 (28-30 Juli 2016).</p> <p>Jurnal Internasional :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terbit publikasi International Journal of Smart Grid and Clean Energy (Terindex EI (INSPEC, IET)).</li> <li>- Terbit publikasi Journal of Engineering and Applied Sciences. (Terindex Scopus – Q2).</li> </ul>
III.	<p>Pemodelan dan Simulasi Optimasi OPF Single / Multi objective Kegiatan CP yaitu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rekonfigurasi Jaringan.</li> <li>- Penempatan &amp; Penentuan Ukuran DG.</li> <li>- Penempatan &amp; penentuan Ukuran Kapasitor.</li> </ul>	<p>Melakukan pengujian performansi Optimasi OPF Single / Multi objective Kegiatan CP :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rekonfigurasi Jaringan.</li> <li>- Penempatan &amp; Penentuan Ukuran DG.</li> <li>- Penempatan &amp; penentuan Ukuran Kapasitor.</li> </ul>	<p>Beberapa publikasi terkait Pemodelan dan Simulasi Optimasi OPF Single / Multi objective Kegiatan CP yaitu :</p> <p>Konferensi Internasional :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ISITIA-2016 (28-30 Juli 2016).</li> <li>- ICNERE-EECCIS-2016 (31 Oktober-2 November 2016).</li> </ul> <p>Jurnal Internasional :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terbit publikasi Jurnal International-ARNP-JEANS-(Scopus Q3).</li> <li>- Terbit publikasi Jurnal International-IJECE-(Scopus Q2).</li> </ul>

Lanjutan Tabel 1.2. Tahapan Kegiatan Penelitian Disertasi dan Target Publikasi.

Tahap	Topik	Kegiatan	Hasil/Target
IV.	Strategi Advanced OPF – Optimasi Lanjut Kegiatan CP (Berurutan dan Serentak) : - Rekonfigurasi Jaringan ; Penempatan & Penentuan Ukuran DG - Rekonfigurasi Jaringan ; Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor Bank	Melakukan evaluasi performansi Optimasi Lanjut Kegiatan CP (Berurutan dan Serentak) yaitu : - Rekonfigurasi Jaringan ; Penempatan & Penentuan Ukuran DG.	Publikasi terkait Strategi Advanced OPF – Optimasi Lanjut Kegiatan CP (Berurutan dan Serentak) yaitu : Konferensi Internasional :
	- Penempatan & Penentuan Ukuran DG dan Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor. - Rekonfigurasi Jaringan ; Penempatan & Penentuan Ukuran DG dan penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor	- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor. - Penempatan & Penentuan Ukuran DG dan Penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor. - Rekonfigurasi Jaringan ; Penempatan & Penentuan Ukuran DG dan penempatan & penentuan Ukuran Kapasitor	- NZAAR-2016 ( 8 Desember 2016).
V.	Simulasi dan Analisis Optimasi Lanjut Kegiatan CP Berbasis <i>Hierarchical Cluster Technique</i> (HCT), meliputi: - Aplikasi Enginnering desain Kegiatan CP dalam perencanaan, disain dan operasi sistem distribusi tenaga listrik dengan mengintegrasikan pembangkit tersebar (Distributed Generation-DG). - Model <i>Desain Support System</i> (DSS) Pada Advanced OPF Kegiatan CP berbasis HCT.	- Melakukan identifikasi aplikasi Enginnering desain Kegiatan CP dalam perencanaan, disain dan operasi sistem distribusi tenaga listrik dengan mengintegrasikan pembangkit tersebar (Distributed Generation-DG). - Merancang Model Desain Support System Pada Advanced OPF Kegiatan CP berbasis HCT.	Draft HKI – PATEN – HAK CIPTA – DSS – CP  MoU Kerjasama Pengembangan Modul CP - PT Realworld Indonesia dan ITS.
VI	Penyusunan dan Penulisan Buku Disertasi	Melakukan kompilasi Tahap I s.d. Tahap IV disusun dan ditulis dalam laporan penelitian disertasi.	Draft Buku Disertasi siap diujikan dalam Sidang Tertutup
VII	Evaluasi penyajian buku disertasi sebagai syarat kelulusan Program Doktor.	- Melakukan sidang tertutup. - Melakukan sidang terbuka.	Buku Disertasi

## 1.7 Publikasi Disertasi dalam Jurnal International dan Seminar International

### 1.7.1 Jurnal Internasional

#### 1.7.1.1 Jurnal Internasional Utama

- [1.] **Suyanto, S., Rahmadhani, C., Penangsang, O. and Soeprijanto, A., 2016.** Power-Flow Development Based on the Modified Backward-Forward for Voltage Profile Improvement of Distribution System. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 6(5), pp.2005-2014. DOI: 10.11591/ijece.v6i5.10648 [**Terindex Scopus – Q2**].
- [2.] **Ontoseno Penangsang, Primaditya Sulistijono, Suyanto, 2014.** Optimal Power Flow Using Multi-Objective Genetic Algorithm to Minimize Generation Emission and Operational Cost in Micro-Grid. International Journal of Smart Grid and Clean Energy, 3(4), pp.410-416. DOI: 10.12720/sgce.3.4.410-416 [**Terindex EI (INSPEC, IET)**].
- [3.] **Suyanto, Indri Suryawati, Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto, Rony Seto Wibowo and DF Uman Putra, 2014.** Modified Direct-ZBR Method + PSO Power Flow Development for Weakly Meshed Active Unbalanced Distribution Systems. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 9(9), pp.1476-1483. [**Terindex Scopus – Q3**].

#### 1.7.1.2 Jurnal Internasional Pendukung

- [4.] **Soedibyo, Andri Pradipta, Suyanto, M. Ridwan, Gusti Rinaldi Z., M. Ashari, 2017.** Active and Reactive Power Control in 20 kV Grid Connected Distributed Generation System. International Review of Automatic Control (I.R.E.A.CO.), 10(3) pp.211-217. DOI: 10.15866/ireaco.v10i3.10595. [**Terindex Scopus – Q2**].
- [5.] **Suyanto, Farid Dwi Murdianto, Ontoseno Penangsang, U.P. Dimas Fajar, Adi Soeprijanto and Rony Seto, 2016.** Wind-PV Hybrid System Modeling Using Bidirectional Converter with MPPT-Dual Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) in Microgrid Isolated System. Journal of Engineering and Applied Sciences, 11(11), pp. 2353-2359. DOI: 10.3923/jeasci.2016.2353.2359 [**Terindex Scopus – Q3**].
- [6.] **Hasti Afianti, Mochamad Ashari, Ontoseno Panangsanga, Adi Soeprijanto and Suyanto, 2016.** Power Transfer Enhancement in Hybrid AC-DC Microgrids. Journal of Engineering and Applied Sciences, 11(7), pp. 1660-1664. DOI: 10.3923/jeasci.2016. 1660.1664 [**Terindex Scopus – Q3**].
- [7.] **Soedibyo, S., Murdianto, F.D., Suyanto, S., Ashari, M. and Penangsang, O., 2016.** Modeling and Simulation of MPPT-SEPIC Combined Bidirectional Control Inverse KY Converter Using ANFIS in Microgrid System.

Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 1(2), pp.264-272. DOI: 10.11591/ijeecs.v1.i2.pp264-272 [**Terindex Scopus**].

- [8.] Soedibyo, S., Stephani, R., Fitriana, A.A., Sholihah, R.M.A. and Sulistijono, P., **Suyanto**, 2014. Power Optimization for Adaptive Wind Turbin: Case Study on Islanded and Grid Connected. International Review of Electrical Engineering (IREE), 9(4), pp.835-843. DOI: <https://doi.org/10.15866/iree.v9i4.2199> [**Terindex Scopus – Q2**].

### 1.7.2 Seminar Internasional

#### 1.7.2.1 Seminar Internasional Utama

- [1.] **Suyanto**, Ahmad Febri Firmansah, Fiona Yolita Purnomo, Erwin Prawira Santosa, Ni Ketut Aryani, **Ontoseno Penangsang**, **Adi Soeprijanto**, Taufani Kurniawan, Amirul Hadi Wibowo, Akhmad Rizki Hidayatullah, 2016, December. Optimization Sizing and Placement Distributed Generation with Determination Network Reconfiguration and Capacitor Bank Simultaneously to Maximize Active Power Output of Distributed Generation Using Genetic Algorithm Method. In International Conference on Sustainability, Green Buildings, Environmental Engineering & Renewable Energy (SGER 2016).[The Best Paper Award in The 2<sup>nd</sup> NZAAR International Event Series on Natural and Built Environment, Cities, Sustainability and Advanced Engineering]- [**Terindex Science Publications-New Zealand Academy of Applied Research (NZAAR)-sudah terbit di proceeding**].
- [2.] Yoakim Simamora, **Suyanto**, **Ontoseno Penangsang**, Rony Seto Wibowo, 2016, November. Estimation of Losses in Radial Distribution Network Under Unbalanced Loading Condition Considering Time Varying Load. In Joint International Conference-The 3<sup>th</sup> International Conference on Nano Electronics Research and Education (ICNERE) & The 8<sup>th</sup> Electrical, Electronic, Control, Communication, and Informatics Seminar (EECCIS). [**Sudah terbit di proceeding**].

#### 1.7.2.2 Seminar Internasional Pendukung

- [3.] Indri Suryawati, **Ontoseno Penangsang**, **Suyanto**, 2017, October. Online Power Flow Management Based On GIS for Active Distribution Network Management. 2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS). [**Terindex Scopus- belum terbit**].
- [4.] **Ontoseno Penangsang**, **Suyanto**, Ni Ketut Aryani, Suwito, Dimas Fajar Uman Putra, **Adi Soeprijanto**, Gilang Hari Pratomo, Fericko Satya

Wicaksana, Yoanes Bagus, HabiburRahman, Azka Quamila Yusrina & Asti Rakhmawati, 2016, December. Optimization Of Panel PV Position Using Dual Axis Solar Tracker With Perturb And Observe Method In PV Tower - Laboratory Scale Microgrid System. In International Conference on Sustainability, Green Buildings, Environmental Engineering & Renewable Energy (SGER 2016). [Terindex Science Publications-New Zealand Academy of Applied Research (NZAAR)-**sudah terbit di proceeding** ].

- [5.] Ni Ketut Aryani, **Ontoseno Penangasang, Suyanto, Suwito, Adi Soeprijanto**, Dimas Fajar Uman Putra, Aden Riangga, Sabila Bagus Panuntun, Muhammad Ali Fikri, Indrawan Gunartono, Aji Istanto Rambono, Ranik Chairunnisa Akbar, Adinda Soraya Ayu Wardhany & Azka Quamila Yusrina, 2016, December. Solar PV Model For Eco-Garden And Hydroponic Daily Watering Systems. In International Conference on Sustainability, Green Buildings, Environmental Engineering & Renewable Energy (SGER 2016). [Terindex Science Publications-New Zealand Academy of Applied Research (NZAAR)-**sudah terbit di proceeding**].
  
- [6.] Jatrifa Jiwa Gandhi, **Ontoseno Penangasang, Suyanto, Adi Soeprijanto**, Ni Ketut Aryani, 2016, July. Life-Cycle Cost Analysis of Laboratory Scale Microgrid Operation in Power System Simulation Laboratory Using HOMER Simulation. In 2016 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application (ISITIA 2016). DOI: 10.1109/ISITIA.2016.7828721 [**Terindex Scopus- sudah terbit**].
  
- [7.] **Adi Soeprijanto**, Dimas Fajar Uman Putra, Okto Fenno, Dheny Ashari HS, **Suyanto**, Rusilawati 2016, July. Optimal Tuning of PSS Parameters for Damping Improvement in SMIB Model Using Random Drift PSO and Network Reduction with Losses Concept. In 2016 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application (ISITIA 2016). DOI: 10.1109/ISITIA.2016.7828741 [**Terindex Scopus- sudah terbit**].
  
- [8.] **Suyanto**, Soedibyo, S. and Firdaus, A.A., 2014, October. Design and Simulation of Neural Network Predictive Controller Pitch-Angle Permanent Magnetic Synchronous Generator Wind Turbine Variable Pitch System. In The 1st International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE 2014). DOI: 10.1109/ICITACEE.2014.7065769 [**Terindex Scopus-sudah terbit** ].

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Bab 2 ini memaparkan tentang kajian pustaka yang membangun kerangka penelitian disertasi melalui review beberapa literatur/referensi. Beberapa referensi yang diacu harus sejalan dan seirama untuk membangun *state of the art* penelitian disertasi. Dari kajian pustaka tersebut muncullah gagasan/ide untuk mempertajam teori-teori dasar yang harus ditanamkan dalam penelitian disertasi. Bab kajian pustaka dan dasar teori nantinya menjadi *body of knowledge* penelitian disertasi yang utuh. Dasar teori dalam penelitian disertasi ini meliputi performansi jaringan RDS, konsep aliran daya dalam jaringan RDS, peningkatan kualitas daya melalui perencanaan terkoordinasi, konsep aliran daya optimal melalui metode optimasi dengan *single/multi objective* serta penyelesaian aliran daya optimal lanjut berbasis HCT. Penyelesaian OPF lanjut berbasis HCT untuk strategi perencanaan koordinasi merupakan ide/gagasan baru (*novelty*) dalam penelitian disertasi ini.

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Kajian pustaka dalam penelitian disertasi mencakup secara menyeluruh tentang peningkatan kualitas daya pada jaringan RDS melalui kegiatan perencanaan terkoordinasi berbasis penyelesaian OPF-HCT. Ruang lingkup kajian pustaka disajikan dalam bentuk *fish bone* sebagai *state of the art* sebagai kerangka penelitian disertasi ini, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Kerangka disertasi diawali dengan terjadinya penurunan kualitas daya terhadap performansi jaringan RDS yang disebabkan rugi-rugi daya saluran dalam jaringan. Hal ini sangat mempengaruhi performansi jaringan RDS dalam perencanaan sistem distribusi. Salah satu untuk menjaga performansi jaringan RDS dilakukan dengan mengintegrasikan unit-unit DG dalam jaringan. Tentunya integrasi unit-unit DG tersebut harus mempertimbangkan operasi sistem distribusi. Skalabilitas operasi sistem distribusi bisa dilakukan dengan mensimulasikan aliran daya dalam jaringan RDS. Hasil aliran daya dapat digunakan untuk mengoptimalkan operasi jaringan RDS tersebut. Operasi sistem distribusi yang optimal menetapkan fungsi obyektif yang akan dicapai tanpa melanggar batasan-batasan yang telah ditetapkan. Fungsi

obyektif bisa berbentuk tunggal / multi tergantung dari kompleksitas optimasi yang harus diselesaikan dalam OPF. Penyelesaian OPF sangat berarti untuk kegiatan perencanaan terkoordinasi dalam jaringan RDS. Kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG, dan penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank yang dapat dioperasikan dalam jaringan RDS. Penyelesaian optimasi dalam kegiatan perencanaan terkoordinasi dalam penelitian disertasi lebih dikenal sebagai *advanced optimal power flow*. Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi akan mempengaruhi perencanaan, operasi dan optimasi sistem distribusi dan sekaligus meningkatkan performansi kualitas daya jaringan RDS. Pengembangan simulator sistem pengambil keputusan (*Decision Support System – Coordinated Planning – DSS-CP*) yang memfasilitasi *Advanced OPF* berbasis pada teknik pengklasteran secara hirarki (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) dapat diaplikasikan pada perencanaan, operasi dan optimasi dalam jaringan RDS. Simulator *DSS-CP* berbasis *HCT* nantinya akan memberikan kontribusi yang lebih berarti dalam peningkatan performansi jaringan RDS pada implementasi *Active Network Management-ANM*, *Islanded Operation*, *Smart Microgrid* dan *On Line Monitoring* berbasis Sistem Informasi Geografis (*Geographic Information System- GIS*).

Performansi sistem distribusi mengalami penurunan kualitas daya pada operasional jaringan RDS. Salah satu hal penurunan kualitas daya adalah rugi-rugi daya pada saluran dalam jaringan RDS dimana semakin jauh dari penyulang utama maka semakin besar rugi-rugi daya salurannya [1]. Rugi-rugi daya saluran dalam sistem distribusi merupakan konsekuensi tak terelakkan dari penyebaran daya antara zona gardu induk-gardu induk menuju konsumen. Rugi-rugi daya pada saluran tidak memberikan pendapatan (*revenue*) untuk fasilitas sistem distribusi dan sering-sering menjadi salah satu faktor yang harus dikendalikan ketika tindakan evaluasi perencanaan alternatif dan strategi operasi sistem distribusi dilakukan. Rugi-rugi daya saluran di jaringan RDS merupakan potensi kerugian yang terbesar dalam sistem tenaga listrik. Akibat terjadinya peningkatan permintaan listrik yang tinggi, kendala- kendala lingkungan dan skenario pasar energi yang kompetitif maka sistem distribusi sering dioperasikan pada kondisi pembebanan yang cukup berat sehingga kerugian daya sistem distribusi telah menjadi perhatian yang lebih



[2]. Persyaratan penyediaan kualitas daya yang dapat diterima dan peningkatan efisiensi tercapainya semua manfaat ekonomi yang mungkin maka kebutuhan teknik minimisasi kerugian dan praktek-praktek operasi yang inovatif akan menciptakan iklim yang sangat menguntungkan dalam sistem distribusi. Total daya yang dikirim ke sistem distribusi dapat dihitung berdasarkan total pembangkit listrik dikurangi rugi-rugi daya dari sistem transmisi.

Salah satu usaha untuk mengurangi rugi-rugi daya saluran adalah mengintegrasikan sumber-sumber DG pada jaringan RDS [81]. Selain mereduksi rugi-rugi daya saluran, integrasi DG pada jaringan RDS dapat memperbaiki profil tegangan dan deviasi tegangan [83],[171]. Kenyataannya integrasi DG pada jaringan RDS tidak sepenuhnya mampu mereduksi rugi-rugi daya saluran. Hal ini disebabkan oleh uniknya desain teknik dari setiap jaringan distribusi. Tentunya rating atau kapasitas pembangkitan optimum DG yang mempengaruhi performansi jaringan RDS tersebut. Oleh sebab itu sebelum dilakukan integrasi unit-unit DG ke jaringan dapat dilakukan simulasi aliran daya pada jaringan RDS. Aliran beban (*load flow*) disebut juga aliran daya (*power flow*) merupakan prosedur-prosedur matematika yang dilakukan pada jaringan sistem tenaga, yang mengikuti perhitungan besaran-besaran tegangan dan sudut-sudut semua bus dalam jaringan RDS [212].

Performansi jaringan RDS dapat ditunjukkan melalui simulasi aliran daya (*power flow/load flow*) [213]. Hasil simulasi aliran daya tersebut adalah besar dan sudut tegangan pada setiap bus (*node*), aliran daya setiap saluran secara spesifik (kW dan kvar), arus dengan sudutnya, atau arus dengan faktor dayanya; rugi daya setiap sesi saluran, total input penyulang (kW dan kvar), total rugi-rugi daya penyulang serta beban (kW dan kvar) bergantung pada model beban. Beberapa pengembangan simulasi aliran daya dalam jaringan RDS dilakukan oleh Kaushal & Tomar, Chandrasekaran & Broadwater, Zimmerman dkk., Zhang & Cheng, Eminoglu & Hocaoglu, Chen & Yang, Liu dkk., Reddy dkk., dan Jena dkk. [5], [6], [9], [10], [17], [27], [21], [36], [42]. Semua pengembangan metode aliran daya tersebut akan mempengaruhi performansi jaringan RDS. Hasil metode simulasi aliran daya dapat mengetahui profil tegangan setiap bus, rugi-rugi daya saluran dan deviasi tegangan setiap antar bus jaringan RDS. Dan hasil metode simulasi aliran

daya tersebut dapat digunakan untuk perencanaan dan operasi jaringan RDS dalam kondisi keadaan tunak (*steady state*). Remolino & Paredes melakukan simulasi aliran daya dengan metode LRSV (*Lemus Ruiz Suchite Viramontes*) dan hasil simulasinya dibandingkan dengan metode HDMB (*Hasiao Dong & Mesut Baran*) dan Metode Kersting [48]. Semua metode tersebut mengacu metode BFS (*Backward-Forward Sweep method*) dan telah diaplikasikan pada beberapa jaringan. RDS. *Exact Method* yang dikembangkan Mishra dkk. menunjukkan implementasi aliran daya dan alokasi rugi-rugi daya setiap antar node pada jaringan RDS [35]. Moghaddas-Tafreshi & Mashhou telah melakukan simulasi aliran daya mengintegrasikan unit-unit DG [25]. Sheng dkk. juga mengintegrasikan unit-unit DG pada jaringan RDS dan memberikan dampak yang berarti pada perencanaan, operasi dan kontrol jaringan RDS. Proporsi unit-unit DG yang meningkat pada jaringan RDS mempengaruhi secara langsung pada aliran daya meliputi profile tegangan, deviasi tegangan dan rugi-rugi daya saluran antar bus satu dengan bus yang lain [126].

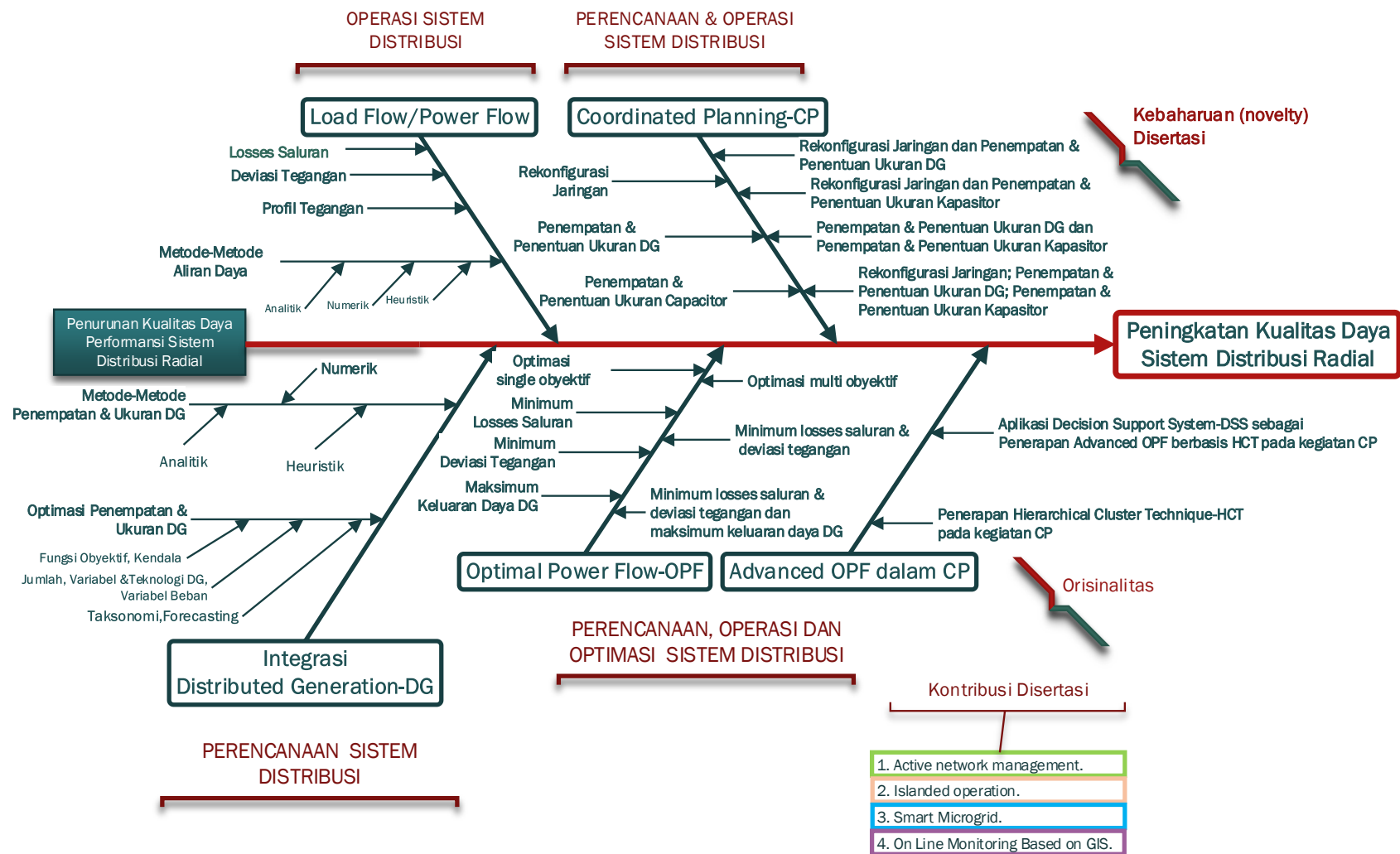
Aliran daya sistem distribusi merupakan komponen utama dari perencanaan dan operasi jaringan RDS. Hasil simulasi aliran daya biasanya digunakan untuk perencanaan dan perancangan ekspansi sistem distribusi, mengetahui rugi-rugi daya di tiap-tiap saluran dan mengevaluasi kondisi jaringan yang ada. Oleh sebab itu dibutuhkan strategi perencanaan dan operasi dalam jaringan RDS tersebut. Keberagaman strategi perencanaan dan operasi dalam jaringan RDS telah banyak dilakukan dan salah satunya perencanaan terkoordinasi (*coordinated planning*). Dalam penelitian disertasi ini, perencanaan terkoordinasi adalah suatu kegiatan perencanaan untuk mengkoordinasikan kegiatan rekonfigurasi jaringan (*network reconfiguration*, penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank (*placement and sizing of capacitor bank*) serta penempatan dan penetapan ukuran pembangkit-pembangkit terdistribusi (*placement and sizing of distributed generations - DGs*) pada sistem jaringan distribusi radial. Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi tersebut merupakan persoalan optimasi dimana setiap optimasi memiliki fungsi obyektif tunggal (*single*) maupun jamak (*multi*) dan memenuhi kendala-kendala (*constraints*) yang ditetapkan. Untuk itu, Venkatesh telah melakukan penyelesaian

permasalahan yang terjadi pada perencanaan, operasi dan kontrol melalui tool yang efektif yaitu aliran daya optimal (*Optimal Power Flow – OPF*), [214].

Frank, dkk. menguraikan tentang OPF telah digunakan secara luas dalam perencanaan dan operasi sistem jaringan distribusi radial. Modul OPF adalah suatu aliran daya inteligen yang menggunakan teknik-teknik untuk menyesuaikan tetapan-tetapan pengaturan sistem jaringan distribusi radial secara otomatis sampai penyelesaian aliran beban secara berurutan dan mengoptimalkan kondisi operasi dengan kendala-kendala yang spesifik. OPF adalah suatu permasalahan pemrograman tidak linier – statis (*nonlinier-static*) yang mengoptimalkan suatu fungsi obyektif yang pasti sampai memenuhi penetapan fisik dan kendala-kendala operasional yang dikenakan pada batasan-batasan jaringan RDS terutama peralatan jaringan distribusi listrik[215, 216].

Peningkatan performansi jaringan RDS tidak hanya dilakukan dengan integrasi unit-unit DG pada jaringan tersebut tapi juga melalui rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penentuan ukuran kapasitor seperti yang dilakukan oleh Gopiya Naik, dkk.[146]. Kegiatan-kegiatan tersebut lebih dikenal dengan perencanaan terkoordinasi (*Coordinated Planning-CP*) seperti yang telah kaji oleh Georgilakis, dkk.[52]. CP merupakan perencanaan yang optimal dibandingkan dengan perencanaan tradisional (*Traditional Planning-TP*) dalam perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS yang telah dipaparkan juga oleh Georgilakis, dkk.[53]. Optimasi CP dapat dilakukan dengan penyelesaian OPF secara berurutan dan bersamaan dengan fungsi obyektif tunggal maupun multi. Penyelesaian OPF dalam CP dalam penelitian disertasi ini lebih dikenal sebagai aliran daya optimal lanjut (*Advanced Optimal Power Flow – Advanced OPF*).

Dalam penelitian disertasi ini, perencanaan terkoordinasi menghasilkan strategi terbaik melalui sejumlah kombinasi alternatif yang mungkin baik secara berurutan (*sequensial*) maupun bersamaan (*simultaneous*) yang dipecahkan melalui penyelesaian aliran daya optimal lanjut (*Advanced-Optimal Power Flow – Advanced - OPF*) berbasis *Hierarchical Clustering Technique-HCT*.



Gambar 2.1. Fish Bone : State of the Art Kerangka Penelitian Disertasi.

Teknik klustering yang dikembangkan oleh Salazar,dkk., Bobric, dkk., Bai & Liang, Almalawi, Zhou & Zhu digunakan untuk pengelompokan penyelesaian Advanced-OPF, [131], [132], [217], [139], [218]. Menurut Chan, dkk., Cartina,dkk., Murtagh & Contreras, Wang, Yuanyuan, Karanukar, Acharya, Miguel,dkk., konsep HCT merupakan metode atau teknik tanpa pengawasan (*an unsupervised*) yang umumnya digunakan data mining. Kumpulan-kumpulan obyek-obyek dengan sifat-sifat yang mirip bersama-sama membentuk bentuk suatu pengelompok kemudian mengusahakan obyek-obyek ke dalam struktur-struktur yang memiliki arti, [219], [130], [133], [134], [135], [136], [137], [140], [220] .

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Sistem Distribusi Radial**

Menurut Ackermann, dkk., ada perbedaan yang berarti dalam disain jaringan transmisi dan jaringan distribusi. Pertama, jaringan distribusi sering dirancang untuk tujuan yang berbeda dari pada jaringan transmisi. Perbedaan utamanya adalah bahwa sistem distribusi biasanya tidak dirancang untuk koneksi perangkat pembangkit listrik. Misalnya, sambungan dari DG menyebabkan perubahan dalam kegagalan arus (*fault-current*). Oleh karena itu perancangan ulang sistem proteksi kesalahan lokal mungkin diperlukan. Selanjutnya, jaringan distribusi biasanya mempunyai desain radial atau loop, dan bukan desain meshed seperti jaringan transmisi. Oleh karena itu, aliran daya di jaringan distribusi biasanya satu arah dan tidak ada atau ada sedikit redundansi, [221].

Kedua, saluran tegangan tinggi, misalnya saluran transmisi atau saluran distribusi perkotaan, memiliki resistensi yang rendah dibanding pada saluran tegangan rendah di jaringan distribusi. Pada saluran transmisi atau jaringan distribusi perkotaan, drop tegangan akibat efek resistansi saluran atau resistansi kabel ( $R$ ) adalah kecil, karena besarnya yang khas umumnya jauh lebih sedikit daripada reaktansi ( $X$ ), yaitu  $X / R$ . Oleh karena itu, reaktansi adalah parameter yang paling penting dalam hal penurunan tegangan dan rugi-rugi saluran. Namun, dalam sistem distribusi pedesaan, resistansi pada saluran distribusi seringkali lebih besar daripada, atau setidaknya-tidaknnya serupa dengan, induktansi. Oleh karena itu,

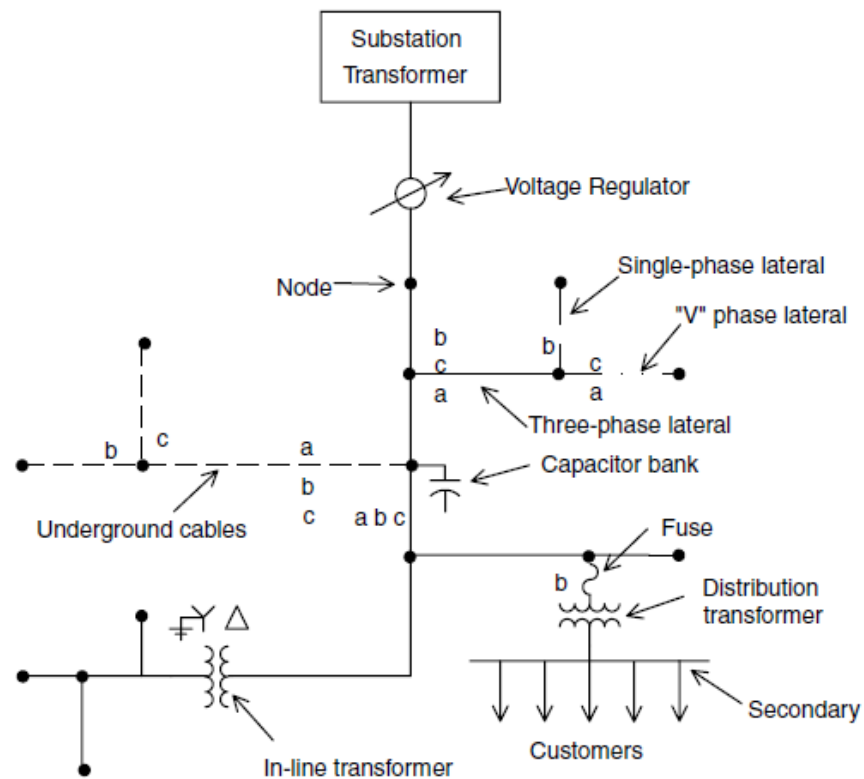
resistansi saluran distribusi menyebabkan proporsi yang berarti pada drop tegangan sepanjang saluran distribusi serta rugi-rugi saluran.

Ketiga, ujung tegangan rendah dari sistem distribusi biasanya tidak terhubung dengan *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Pengumpulan data membutuhkan untuk pengendalian sistem distribusi dan juga unit-unit DG sulit dilakukan. Kompleksitas pengumpulan data untuk pengendalian sistem dalam peningkatan pasar-pasar yang kompetitif menyebabkan ke depan pembangkit tenaga listrik independen mengoperasikan unit-unit DGnya sesuai dengan sinyal harga pasar, yang tidak harus sesuai dengan persyaratan pengendalian sistem di wilayah distribusi lokal. Koneksi DG dapat memiliki pengaruh yang berarti terhadap tingkat tegangan lokal.

Menurut Sallam,dkk., konfigurasi jaringan RDS merupakan konfigurasi jaringan-jaringan distribusi yang memiliki sistem radial dimana beban-beban dilayani melalui penyulang radial tunggal, [1]. Menurut Kersting, penyulang-penyulang distribusi radial dikarakteristikkan melalui hanya satu lintasan daya yang mengalir dari sumber (garduk induk distribusi) menuju setiap pelanggan (*customer*), [213]. Komponen-komponen dari penyulang terdiri dari 1.) Penyulang utama primer tiga fasa; 2.) Lateral-*lateral* satu fasa, dua fasa, dan tiga fasa; 3.) regulator-regulator tegangan *step-type*; 4.) tranfo-trafo dalam saluran; 5.) Bank-bank kapasitor shunt; 6.) trafo-trafo distribusi; 7.) *Secondaries* dan 8.) Beban-beban satu fasa, dua fasa dan tiga fasa. Representasi penyulang distribusi sederhana dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2. *Single line diagram / one line diagram* sederhana merupakan suatu penyulang tiga fasa dan mengilustrasikan komponen-komponen utama suatu jaringan RDS. Titik-titik penghubung dari komponen-komponen akan ditandai sebagai bus-bus (*nodes*).

Analisis penyulang distribusi penting bagi engineer/operator untuk menentukan kondisi-kondisi operasi sesungguhnya pada suatu penyulang dan dapat memainkan scenario “*what if*” perubahan-perubahan ke depan pada suatu penyulang. Sebelum engineer atau operator dapat melaksanakan analisis suatu penyulang, peta secara detail dari suatu penyulang harus tersedia. Peta suatu penyulang harus mengandung beberapa informasi, meliputi : 1. Saluran-saluran (permukaan dan bawah tanah); 2. Trafo-trafo distribusi; 3. Trafo-trafo dalam

saluran; 4. Kapasitor-kapasitor shunt; 5. Regulator-regulator tegangan; dan 6. Saklar-saklar (*switches*).

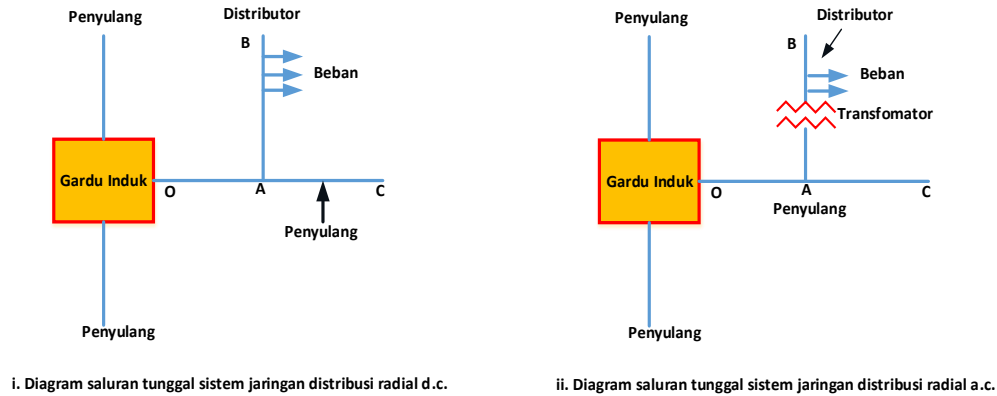


Gambar 2.2. Representasi Penyulang Distribusi Sederhana, [213].

Menurut Mehta, dalam jaringan RDS, penyulang-penyulang terpisah menyebar dari gardu induk tunggal dan menghubungkan distributor hanya pada salah satu ujung saja. Gambar 2.3(i) menunjukkan diagram saluran tunggal sistem jaringan distribusi radial d.c. dimana penyulang OC mensupply distributor AC pada simpul A. Secara lebih jelas, distributor diumpankan pada salah satu ujung saja, pada kasus ini berada dititik A. Gambar 2.3(ii) menunjukkan diagram saluran tunggal dari sistem jaringan distribusi radial a.c. Sistem radial ini digunakan hanya pada saat daya dibangkitkan pada tegangan rendah dan gardu induk ditempatkan pada pusat beban, [222].

Kedua diagram saluran tunggal merupakan rangkaian distribusi yang paling sederhana dan mempunyai biaya awal yang paling rendah. Namun diagram saluran tunggal tersebut memiliki beberapa kelemahan. Kelemahan-kelemahan itu adalah

pertama ujung yang paling dekat distributor sampai titik penyulang akan dibebani dengan berat.



Gambar 2.3. Diagram Saluran Tunggal Jaringan Sistem Distribusi Radial, [222].

Kedua, pelanggan-pelanggan bergantung ada penyulang tunggal dan distributor tunggal. Untuk itu, beberapa kesalahan pada penyulang atau distributor memotong pasokan pada pelanggan yang berada pada sisi meninggalkan gardu induk. Dan terakhir, pelanggan-pelanggan yang berada diujung distributor akan mengalami fluktuasi tegangan yang serius ketika beban pada distributor berubah. Dengan beberapa batasan tersebut, sistem jaringan distribusi radial dapat digunakan hanya pada jarak pendek.

Menurut Short, distribusi daya listrik merupakan porsi infrastruktur pengiriman daya yang diambil dari elektrik pada tautan yang tinggi, rangkaian transmisi tegangan tinggi dan pengirim-pengirim sampai pengguna (*customer*). Perencanaan distribusi (*distribution planning*) adalah studi/kajian kebutuhan-kebutuhan pengiriman daya ke depan. Perencanaan membutuhkan suatu gabungan skil-skil analisis geografi, rekayasa dan ekonomi, [223].

Georgilakis & Hatziargyriou, perancangan sistem distribusi tenaga listrik, dalam konteks perencanaan distribusi tenaga listrik (*Power Distribution Planning-PDP*), memiliki tujuan utama untuk merancang sistem distribusi dimana sistem tersebut dapat memenuhi permintaan pertumbuhan secara tepat, handal, dan secara aman. Hal ini tidak berbanding lurus, karena perluasan yang sangat besar sistem distribusi daya menyebabkan sistem harus bertanggung jawab atas sebagian besar



rugi-rugi daya dan sebagian besar gangguan yang terjadi karena kegagalan-kegagalan, [53].

Secara umum, tujuan PDP tradisional adalah menemukan solusi paling ekonomis (fungsi objektif tunggal atau ganda) dengan lokasi optimal dan ukuran (kapasitas) gardu induk dan / atau penyulang masa depan untuk memenuhi permintaan masa depan. Selain itu, tujuan PDP tradisional adalah minimisasi fungsi biaya ekonomi (biaya investasi untuk menambah, memperkuat atau mengganti gardu induk dan / atau penyulang-penyulang, ditambah biaya kerugian energi), yang memenuhi pada serangkaian kendala teknis dan operasional.

Menurut Mansor & Levi, pengembangan jaringan-jaringan RDS harus mengikuti standar perencanaan umum, dengan mempertimbangkan beberapa operasi sebelumnya atau yang masih berjalan dalam masalah investasi karena faktor pembangkit baru dan tipe-tipe beban, [165].

Tujuan perencanaan sistem distribusi kedepan, meliputi 1. Memenuhi pertumbuhan beban dengan kualitas yang diinginkan; 2. Menyediakan pasokan yang efisien dan handal; 3. Memaksimalkan kinerja komponen-komponen sistem; 4. Memuaskan sarana-sarana yang paling efektif dalam pengembangan sistem distribusi; dan 5. Meminimalkan harga listrik ke pelanggan-pelanggan melalui pemilihan solusi yang paling hemat biaya serta meminimalkan total biaya-biaya siklus hidup (*life cycle costs- LCC*). Menurut Gandhi, dkk., LCC digunakan untuk analisis dari simulasi dan proses optimasi dalam perencanaan bagian kecil sistem distribusi dalam bentuk mikro grid. Oleh karena itu, perencanaan sistem distribusi didasarkan pada aspek-aspek kunci utama, sebagai berikut: peramalan beban, kualitas daya, kepatuhan terhadap standar-standar, investasi dengan pendapatan tertinggi, rugi-rugi daya, dan jumlah rugi beban (*loss of load- LOL*), [159].

Rugi-rugi daya saluran dalam jaringan RDS merupakan konsekuensi tak terelakkan dari penyebaran energi antara zona gardu induk-gardu induk menuju konsumen. Rugi-rugi daya saluran tidak memberikan pendapatan (*revenue*) untuk fasilitas sistem distribusi dan sering-sering menjadi salah satu faktor yang harus dikendalikan ketika tindakan evaluasi perencanaan alternatif dan strategi operasi sistem distribusi dilakukan oleh Sallam & Malik [1].

Utilitas-utilitas sistem distribusi memberi perhatian penuh terhadap pengurangan rugi-rugi daya dalam jaringan distribusi sesuai dengan tingkat standar. Tingkat rugi-rugi daya akan dipengaruhi oleh sejumlah faktor-faktor, teknis dan operasional, seperti konfigurasi jaringan, karakteristik-karakteristik beban, pelayanan gardu induk, dan kualitas daya yang dibutuhkan. Pentingnya pengelolaan faktor-faktor tersebut secara tepat dapat mengoptimalkan tingkat rugi-rugi daya yang terjadi seminimal mungkin di jaringan distribusi. Rugi-rugi daya dalam jaringan distribusi dapat dipecah menjadi dua jenis, yaitu rugi-rugi teknis (*technical losses*) dan rugi-rugi non teknis (*nontechnical losses*). Rugi-rugi teknis terdiri dari rugi-rugi variabel dan rugi-rugi tetap.

Rugi-rugi variabel (*load losses*) sebanding dengan kuadrat arus, yaitu bergantung pada daya yang disebarkan di seluruh jaringan. Rugi-rugi variabel sering disebut sebagai rugi-rugi tembaga yang terjadi terutama pada saluran, kabel, dan bagian tembaga transformer. Rugi-rugi variabel dapat dikurangi melalui beberapa cara, sebagai berikut :1. Meningkatkan luas penampang dari saluran-saluran dan kabel-kabel yang telah ada beban; 2.Rekonfigurasi jaringan, misalnya, dengan menyediakan saluran-saluran yang langsung dan / atau lebih pendek ke tempat permintaan berada; 3. Mengelola permintaan untuk mengurangi puncak-puncak pada jaringan RDS; 4. Menyeimbangkan beban-beban pada jaringan tiga fasa; 5. Mendorong pelanggan-pelanggan untuk memperbaiki faktor daya mereka; dan 6. menempatkan unit-unit pembangkit tertanam (*embedded generating units*) sedekat mungkin dengan permintaan.

Rugi-rugi tetap (*no-load losses*) terjadi terutama pada inti transformator dan berbentuk panas dan kebisingan sepanjang transformator diberi energi. Rugi-rugi ini tidak berubah dengan penransmisian daya melalui transformator dan dapat dikurangi dengan menggunakan bahan baku berkualitas tinggi di bagian inti (mis., baja khusus atau inti besi amorf menimbulkan rugi-rugi yang lebih rendah). Cara lain untuk mengurangi rugi-rugi tetap adalah dengan mematikan transformer yang beroperasi dengan permintaan rendah. Tentu saja, hal ini tergantung pada konfigurasi jaringan yang memungkinkan operator mengalihkan beberapa beban-beban ke sumber lain di jaringan distribusi.

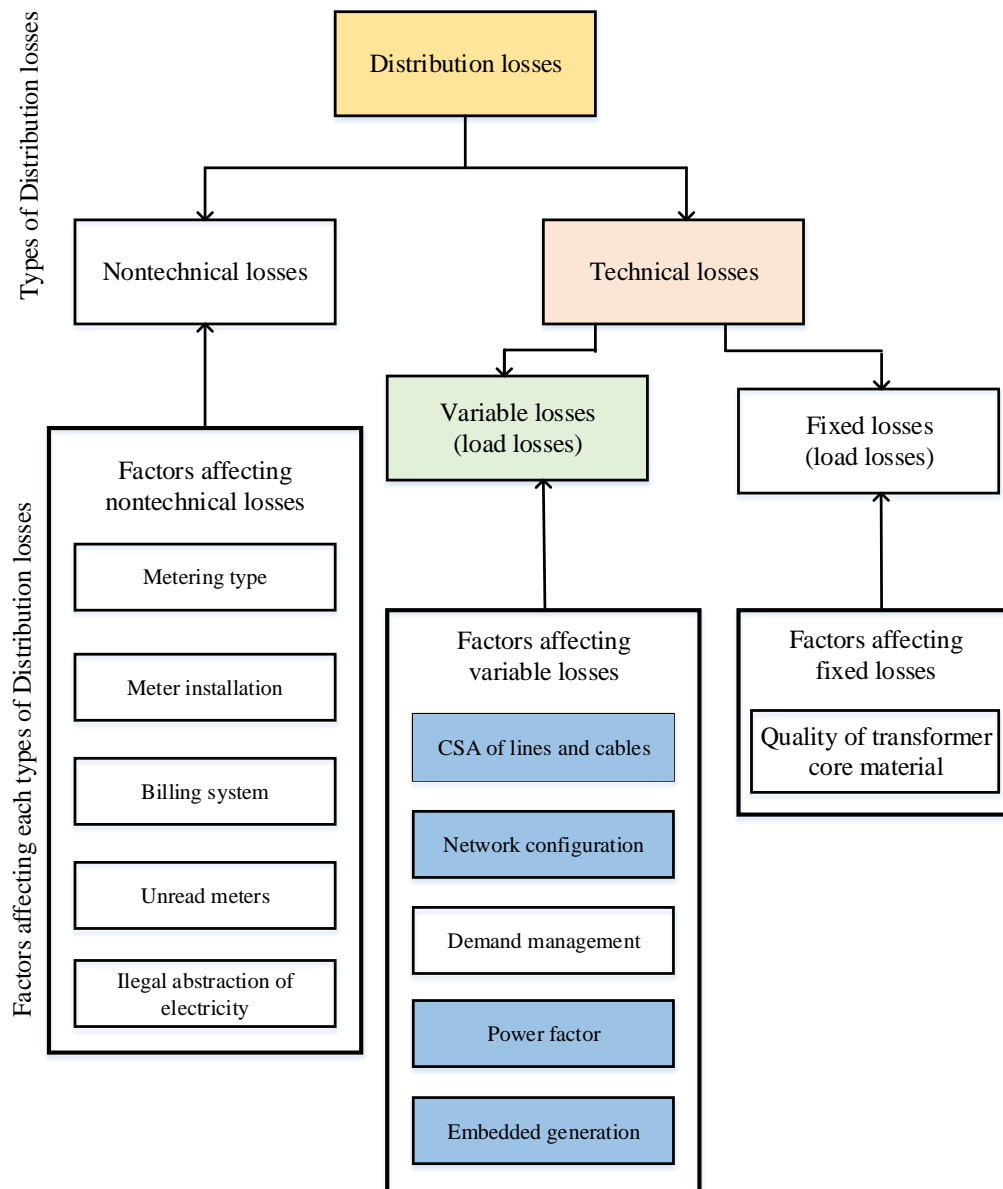
Rugi-rugi nonteknis (*commercial losses*) terdiri dari unit-unit yang dikirim dan dikonsumsi, namun untuk beberapa alasan tidak dicatat sebagai penjualan. Rugi-rugi tersebut dikaitkan dengan kesalahan-kesalahan pengukuran, pemasangan meter yang salah, kesalahan penagihan, abstraksi listrik yang tidak sah, dan meter-meter yang belum terbaca. Penggunaan meter elektronik akan membantu mengurangi rugi-rugi tersebut karena akurasinya tinggi. Selain itu, penggunaan meter elektronik oleh pengguna (*user*) harus seakurat mungkin untuk mengurangi abstraksi listrik secara ilegal. Bagan yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 menggambarkan ringkasan jenis rugi-rugi distribusi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Gambar 2.4 telah menunjukkan rugi-rugi distribusi yang dibahas dalam penelitian ini adalah rugi-rugi teknik (*technical losses*) yang terjadi pada jaringan distribusi radial. Rugi-rugi teknik yang sebenarnya adalah rugi-rugi variabel. Rugi-rugi variabel merupakan rugi-rugi yang dipengaruhi oleh beban. Rugi-rugi beban dipengaruhi oleh saluran, kabel, konfigurasi jaringan, faktor daya dan pembangkit yang terintegrasi (*embedded generation*)-DG yang terhubung langsung dengan sistem jaringan distribusi radial.

### **2.2.2 Integrasi DG pada Sistem Distribusi Radial**

Menurut Kalambe & Agnihotri, penurunan rugi-rugi pada jaringan RDS dapat dilakukan melalui penempatan/alokasi (*Distributed Generation*-DG) yang bergantung pada ketersediaan sumber-sumber terdistribusi/tersebar (jika sumber tersebut merupakan sumber terbarukan). DG dapat didefinisikan sebagai "pembangkit listrik dari fasilitas-fasilitas yang cukup kecil dari pada pembangkit utama sehingga memungkinkan interkoneksi hampir di semua titik dalam suatu sistem tenaga", [2].

Dasan, dkk., DG juga disebut dengan pembangkitan tersebar merupakan sistem pembangkitan yang menggunakan generator dengan ukuran yang lebih kecil daripada sistem pembangkitan terpusat. Pembangkit-pembangkit ini didistribusikan pada seluruh sistem tenaga listrik dekat dengan beban. Karena letaknya yang dekat dengan beban memungkinkan DG untuk membantu mensuplai daya pada beban yang jauh dari pembangkit utama (*main generation*), [224].

Pembangkit tersebar DG merupakan bentuk sistem pembangkit tenaga terbarukan. DG sekarang direkomendasikan untuk pembangkit daya yang bersih dan memberikan dampak yang berarti pada jaringan RDS. Dampak berarti bisa positif dan negatif pada sistem distribusi, seberapa jauh DG memperbaiki performansi sistem distribusi.



Gambar 2.4. Ringkasan Jenis Rugi-Rugi Distribusi dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya, [1].

DG memiliki beberapa sudut pandang definisi, Jain,dkk.[225]. Electric Power Research Institute (EPRI) mendefinisikan DG sebagai pembangkit yang memiliki skala 'beberapa kilowatt sampai 50 MW'. Saat ini unit-unit DG telah memiliki kapasitas yang jauh lebih tinggi dan telah aktif berada di jaringan listrik. Teknologi DG yang diadopsi mencakup turbin gas kecil, mikroturbin, sel bahan bakar (*fuel cell*), angin dan energi matahari, biomassa, pembangkit listrik tenaga air kecil dll. DG ini biasanya terisolasi dan memasok beban lokal, atau terintegrasi, memasok energi ke sisa sistem listrik. IEEE mendefinisikan DG sebagai pembangkit listrik yang memiliki fasilitas-fasilitas yang lebih kecil dari plan-plan pembangkit listrik utama/pusat sehingga memungkinkan interkoneksi pada titik manapun yang dekat beban dalam sistem tenaga listrik. DG dapat ditempatkan pada dua tingkat yang berbeda, yaitu : (i.) Tingkat lokal (*local level*) dan (ii.) Tingkat ujung (*end-point level*).

DG-DG tingkat lokal sering terdiri dari teknologi energi terbarukan yang lokasinya spesifik, seperti turbin angin, energi panas bumi, sistem solar (fotovoltaik dan pembakaran), dan pembangkit listrik tenaga air skala kecil. DG-DG ini cenderung lebih kecil dan kurang terpusat dibanding plan-plan konvensional yang energinya lebih banyak energi dan biayanya cukup tinggi. Karena plan-plan tingkat lokal ini umumnya memperhitungkan keadaan lokal, biasanya menghasilkan energi yang kurang merusak lingkungan atau mengganggu daripada plan-plan konvensional yang dikendalikan secara terpusat.

Pada tingkat ujung, konsumen energi individu dapat menerapkan banyak teknologi ini dengan efek-efek yang serupa. Teknologi satu DG biasanya digunakan pada titik akhir. Pada tingkat ini, DG-DG dapat berfungsi sebagai terisolasi dari produksi energi listrik atau DG-DG dapat beroperasi sebagai kontributor kecil pada jaringan listrik.

Berdasarkan studi literatur Ackermann,dkk., banyak bentuk dan definisi yang digunakan untuk menjelaskan DG, [221]. Sebagai contoh, Negara Anglo-Amerika menggunakan istilah *Embedded Generation*, Amerika Utara menggunakan menyebutnya dengan *Dispered Generation*, Eropa dan sebagian Asia menyebutnya *Decentralised Generation*. Selain istilah, penentuan rentang ukuran/

kapasitas distributed generator juga masih memiliki beberapa versi yang berbeda-beda satu dengan yang lainnya. Anwar & Pota, beberapa definisi kapasitas DG yang dimiliki oleh lembaga-lembaga riset internasional adalah sebagai berikut:

- *The Electric Power Research Institute* mendefinisikan *distributed generator* adalah pembangkit dengan kapasitas beberapa kW hingga 50 MW.
- *Gas Research Institute* mendefinisikan *distributed generator* adalah pembangkit dengan kapasitas 25 kW hingga 25 MW.
- *Preston dan Rastler* mendefinisikan *distributed generator* berkapasitas beberapa kW sampai 100 MW.
- *Cardell* mendefinisikan kapasitas *distributed generator* adalah 500 kW – 1 MW.
- *International Conference on Large High Voltage Electric System (CIGRE)* menyebutkan *distributed generator* memiliki kapasitas 50 – 100 MW, [83].

Menurut Gopiya Naik,dkk., kemajuan teknologi DG dan peningkatan ukurannya memainkan peran penting dalam sistem distribusi tenaga listrik. Sesuai definisi saat ini, DG sangat beragam dan berkisar 1 kW hasil instalasi PV, 1 MW hasil keluaran mesin generator dan sampai 1000 MW keluaran *windfarms* di lepas pantai. Karena variasi yang luas dalam definisi DG yang digunakan dalam literatur, isu-isu yang berbeda harus dibahas untuk mendefinisikan DG yang lebih tepat, [146].

Tinjauan definisi DG bisa ditinjau berdasarkan tujuan (*the purpose*), penempatan (*the location*), tingkatan DG (*the rating of DG*), area pengiriman daya (*the power delivery area*), teknologi (*the technology*), dampak lingkungan (*the environmental impact*), mode operasi (*the mode of operation*), kepemilikan (*the ownership*) dan penetrasi DG (*the penetration of DG*) Ackermann,dkk.[221]. Menurut Singh, Palival,dkk., secara singkat teknologi DG yang paling umum digunakan dengan ukuran modul khasnya seperti ditunjukkan Tabel 2.1. Tabel 2.1 menunjukkan bahwa semua DG berbasis hidro,solar, biomasa, laut dan energi panas bumi adalah DG yang terbarukan sementara yang lain adalah DG konvensional. Untuk pembangkit terpusat, generator sinkron, generator asinkron dan antarmuka pengubah elektronika daya juga dapat digunakan sebagai DG, [226], [150].

Tabel 2.1. Teknologi DG Paling Sering Digunakan Beserta Ukuran Modulnya, [226], [150].

DG Technology	Typical available size per modul
Combined cycle gas T.	35-400 MW
Internal combustion engines	5 kW – 10 MW
Combaustion Turbine	1 – 250 MW
Micro-Turbines	35 kW -1 MW
<i>Renewable</i>	
Small hydro	1 – 100 MW
Micro hydro	25 kW – 1 MW
Wind turbine	200 Watt – 3 MW
Photovoltaic arrays	20 Watt – 100 kW
Solar thermal, central receiver	1 – 10 MW
Solar thermal, Lutz system	10 – 80 MW
Biomass, e.g. based on grasification	100 kW – 20 MW
Fuel cells, phosacid	200 kW – 2 MW
Fuel cells, carbonate	250 kW – 2 MW
Fuel cells, exchange	1 kW – 5 MW
Geothermal	5 – 100 MW
Ocean energy	100 kW – 1 MW
Stirling engine	2 – 10 kW
Battery storage	500 kW – 5 MW

Beberapa permasalahan teknis yang berhubungan dengan DG dapat memberikan beberapa variasi yang signifikan terhadap kapasitas pembangkitan dari DG itu sendiri. Oleh karena itu, perlu diperkenalkan pengkategorian yang tepat untuk mengklasifikasikan DG berdasarkan kapasitas pembangkitan yang dimilikinya yang ditampilkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Klasifikasi DG Berdasarkan Kapasitas Pembangkit, [113].

Klasifikasi <i>DG</i>	Kapasitas
<i>Micro</i>	~1 watt – 5 kW
<i>Small</i>	5 kW – 5 MW
<i>Medium</i>	5 MW – 50 MW
<i>Large</i>	50 MW – 300 MW

Selain itu, setiap teknologi DG memiliki kelebihan dan kekurangan dalam penerapan DG sebagai sumber pembangkit. Perbandingan kelebihan dan kekurangan beberapa teknologi DG ditunjukkan pada Tabel 2.3. Berdasarkan Tabel 2.3, telah terlihat bahwa sel bahan bakar (*fuel cell*), angin, solar PV dan hidro skala kecil adalah DG yang bebas emisi, tidak memerlukan bahan bakar dan ramah lingkungan.

Tabel 2.3. Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Berbagai Teknologi DG, [113].

No.	DG Technology	Merits	Demerits
1.	Fuel Cell	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High efficiency</li> <li>• Low noise</li> <li>• Nearly zero emission</li> <li>• Fast load response</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pure hydrogen need</li> <li>○ High cost</li> <li>○ Low durability</li> <li>○ Fuel required processing</li> </ul>
2.	Micro Turbine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low noise</li> <li>• Low emission</li> <li>• Light weight</li> <li>• Small size</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ High cost</li> <li>○ Limited to low temperature</li> <li>○ Relatively low efficiency</li> </ul>
3.	Wind Turbine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low production cost</li> <li>• Low energy loss</li> <li>• Environmental friendly</li> <li>• Save land use</li> <li>• No fuel demand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Affected by wind speed</li> <li>○ Variable power output</li> <li>○ Noise</li> <li>○ High investment cost</li> <li>○ Harm birds</li> </ul>
4.	Solar PV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Low maintenance</li> <li>• Environmental friendly</li> <li>• No fuel demand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ High investment cost</li> <li>○ Affected by solar radiation</li> </ul>
5.	CHP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High efficiency</li> <li>• Low emission</li> <li>• Save energy loss</li> <li>• Integration various fuels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Increased investment cost</li> <li>○ Need reasonable plan</li> <li>○ Decrease flexibility</li> <li>○ Complex technology need</li> </ul>
6.	Gas Turbine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High reliability</li> <li>• Low emission</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ High pressure gas need</li> <li>○ Low efficiency at low load</li> </ul>
7.	Reciprocating engine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fast start-up</li> <li>• Low emission</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Relatively higher emission</li> <li>○ High maintenance</li> </ul>
8.	Small hydro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Free and renewable source of energy</li> <li>• No impact on river eco-system</li> <li>• Short installation time</li> <li>• Environmental friendly</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Power output depends on availability of water</li> <li>○ Affected by flood</li> <li>○ It can be suited where potential site exists</li> <li>○ Can't meet required load demand</li> <li>○ Continuous maintenance is required</li> </ul>
9.	Biomass plant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use renewable source</li> <li>• Reduces dependency on fossil fuel</li> <li>• Reduces green house gas emissions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Expensive</li> <li>○ Causes pollution</li> <li>○ Limited source</li> </ul>

Source: Fictitious data, for illustration purposes only

DG yang paling sesuai dengan pertimbangan masalah lingkungan, biaya bahan bakar, biaya perawatan dan daya keluaran diidentifikasi sebagai angin, SPV, biomassa, hidro skala kecil, dll. Perbandingan kelebihan dan kekurangan berbagai



teknologi DG memberikan dampak seberapa jauh teknologi DG dapat diterapkan pada jaringan RDS. Perencanaan integrasi teknologi DG pasti mempengaruhi performansi jaringan RDS terutama peningkatan kualitas daya.

Menurut Cornforth, dkk.[228], banyak keuntungan yang didapatkan dengan pemasangan DG pada jaringan distribusi radial. Jika dibandingkan dengan pembangkit konvensional, efisiensi pada DG lebih besar. Karena pada DG menggunakan teknologi yang baru dan masih banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan effisiensinya, seperti turbin angin, *fuell cell*, dsb. Beberapa sudut pandang keuntungan lain dari penempatan unit-unit DG pada jaringan RDS, antara lain :

- Dari sudut pandang pengguna (*end-user*) dapat diuntungkan dengan mempunyai pembangkit cadangan untuk meningkatkan keandalan. Selain itu, pengguna juga bisa mendapatkan kompensasi karena dapat memberikan energi yang mereka bangkitkan ke sistem tenaga listrik.
- Jika dilihat dari sudut pandang pengelola jaringan distribusi, DG dapat menambah kapasitas jaringan transmisi dan distribusi yang telah terpasang. Selain itu DG juga dapat melindungi jaringan dari pertumbuhan beban yang tidak pasti.
- Dari sudut pandang produsen energi komersial, produsen energi dapat membeli kapasitas dari beberapa unit DG.
- Dari sudut pandang teknis, integrasi DG dengan sistem pada lokasi yang tepat dapat mengurangi rugi-rugi saluran dan memperbaiki profil tegangan, meningkatkan kualitas daya serta meningkatkan keandalan dan keamanan sistem.
- Dari sudut pandang ekonomi, integrasi DG dapat menghemat biaya karena teknologi DG seperti PV, dan turbin angin memiliki nilai operasi dan perawatan yang murah.
- Dari sudut pandang lingkungan, teknologi DG tidak menimbulkan banyak emisi dan polusi seperti pembangkit konvensional yang menggunakan fosil sebagai bahan bakarnya.

Fenomena yang menarik integrasi setiap unit DG pada jaringan sistem distribusi radial adalah tidak selamanya integrasi setiap unit DG dapat menurunkan

rugi-rugi daya. Pada saat awal setiap injeksi unit DG dapat menurunkan rugi-rugi daya tapi setelah melewati batas tertentu unit DG tersebut dapat menaikkan rugi-rugi daya jaringan RDS (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5). Fenomena ini telah dikaji oleh Anwar & Pota, Hung, dkk. dan Acharya, dkk., [83], [227], [229].

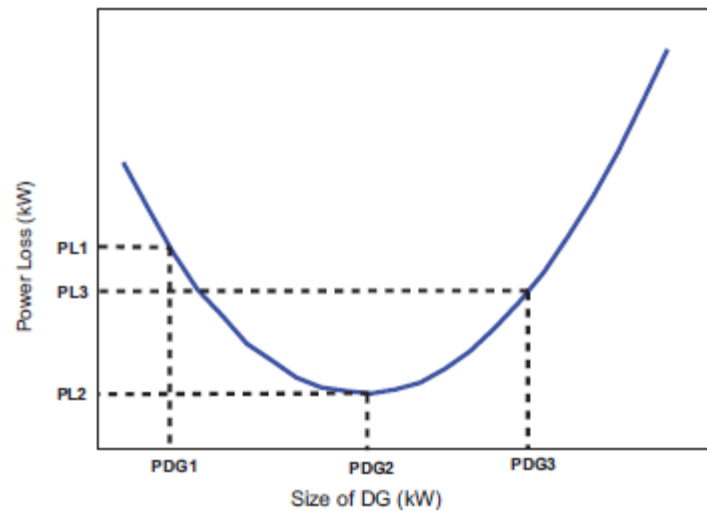
Suyanto, dkk. dan Soedibyo, dkk. telah melakukan kajian injeksi unit DG (studi kasus : turbin angin) untuk memperbaiki performansi jaringan (grid) yang terhubung (grid connected) dan tidak terhubung (islanded) dengan jaringan jala-jala PLN, [151], [152], . Integrasi unit-unit DG dalam operasi jaringan terutama sistem mikrogrid telah dilakukan oleh Suyanto, dkk.; Aryani, dkk.; Soedibyo, dkk.; Afianti, dkk. dan Penangsang, dkk. [158], [160], [161], [162], [163].

Menurut Bouhouras, dkk., Hung, dkk. dan Singh & Sharma, setiap DG memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda, [113], [128], [227]. Sehingga setiap DG dikategorikan dalam beberapa tipe. Beberapa tipe DG tersebut adalah

<b>DG Tipe A</b>	: DG yang hanya menghasilkan daya aktif dan mensupport pada sistem dengan faktor daya =1.0. ( contoh : PV, <i>microturbine, fuel cells, biogas, dst</i> ).
<b>DG Tipe B</b>	: DG yang hanya menghasilkan daya reaktif dan beroperasi pada faktor daya =0.0 (contoh : kapasitor bank, <i>synchronous compensators, dst</i> ).
<b>DG Tipe C</b>	: DG yang dapat menghasilkan daya aktif dan daya reaktif dan beroperasi pada faktor daya =0.80 – 0.99 (leading) ( contoh : <i>synchronous generators, wind, tidal, wave, geo-thermal, dst</i> ).
<b>DG Tipe D</b>	: DG yang memproduksi daya aktif dan mengkonsumsi daya reaktif (contoh : <i>induction generator</i> ).
<b>DG Tipe E</b>	: DG yang mengkonsumsi daya reaktif (contoh : <i>inductor, synchronous compensators</i> ).

## 2.2.2 Aliran Daya Sistem Distribusi Radial

Analisis aliran daya pada sebuah sistem tenaga listrik berguna untuk menghitung beberapa parameter yang penting antara lain arus, tegangan, daya, dan kerugian daya. Apalagi aliran daya dalam jaringan RDS sangat penting terutama pada sistem otomasi distribusi (*distribution automation systems-DAS*), sistem manajemen distribusi (*distribution management system – DMS*), optimasi jaringan (*network optimization – NO*), perencanaan VAR (*VAR planning*), pensaklaran (*switching*), estimasi keadaan (*state estimation*) dan seterusnya.



Gambar 2.5. Karakteristik Rugi-Rugi Daya Sistem Distribusi dengan Variasi Ukuran Unit DG, [2], [113], [226].

Semuanya itu membutuhkan dukungan penyelesaian aliran daya yang tangguh (*robust*) dan efisien (*efficient*). Beberapa metode analisis aliran daya seperti *Gauss-Seidel*, *Newton-Raphson* dan *Fast-Decoupled* telah terbukti akurat untuk perhitungan analisis aliran daya pada sistem transmisi. Penggunaan metode-metode tersebut pada sistem distribusi dapat memberikan hasil yang kurang akurat karena algoritma yang digunakan berbasis pada topologi sistem transmisi yang berbentuk mesh atau loop tertutup sedangkan sistem distribusi umumnya berbentuk radial atau berstruktur seperti pohon (*tree structure*). Saluran atau kabel pada sistem distribusi juga memiliki rasio resistansi versus reaktansi ( $R/X$ ) yang cenderung tinggi sehingga menyebabkan proses penghitungan aliran daya menggunakan metode konvensional di atas gagal konvergen. Akhirnya, aliran daya tradisional pada sistem transmisi seperti teknik-teknik *Newton Raphson*, metode-metode *Gauss-Seidel* dan *Fast-Decoupled* tidak dapat digunakan untuk sistem distribusi.

Analisis aliran daya atau juga dikenal sebagai analisis aliran-beban adalah alat penting yang melibatkan analisis numerik diterapkan pada jaringan RDS yang beroperasi dalam keadaan tunak (*steady state*). Sebuah analisis aliran daya biasanya menggunakan notasi yang disederhanakan seperti diagram saluran tunggal (*single line diagram* - SLD) dan sistem per-unit (*p.u. unit*), dan juga mempertimbangkan daya-daya reaktif dan aktif. Keuntungan dari analisis aliran daya pada jaringan RDS

dikategorikan menjadi dua area yaitu area operasi dan area perencanaan. Area operasi adalah menentukan konfigurasi terbaik dari sistem tenaga listrik saat ini dan menyediakan informasi pada saluran yang mengalir daya-daya aktif dan reaktif, rugi-rugi daya saluran sistem, dan tegangan di seluruh sistem. Dalam hal ini aliran daya juga menyediakan informasi untuk kajian stabilitas tegangan di sistem tenaga listrik tersebut. Area perencanaan adalah menyediakan analisis penting ke depan tentang distribusi saluran-saluran daya yang baru, permintaan/penambahan beban yang diperkirakan dan juga interkoneksi dengan sistem jaringan RDS lainnya.

Keseimbangan daya dan kualitas daya dalam sistem tenaga listrik merupakan dua target yang penting dan harus dipelihara secara kontinyu dengan cara pengiriman daya yang paling ekonomis. Target keseimbangan daya dijamin oleh pusat pembangkit listrik di bawah permintaan daya yang bervariasi, sehingga komponen-komponen jaringan yang dialiri arus dan tegangan akan mengakibatkan rugi-rugi daya dalam jaringan RDS. Analisis aliran daya memainkan peran penting sebagai alat untuk mengetahui aliran daya dalam kondisi keadaan tunak.

Menurut Salam & Malik, persyaratan minimum penyelesaian aliran daya bervariasi tergantung pada jaringan RDS yang dikaji. Jaringan RDS biasanya mengakomodasi beban satu / dua / tiga fasa dan saluran empat-kawat kabel sehingga penyelesaian aliran daya menangani aliran daya 3 fasa, tidak seimbang dari pemodelan komponen jaringan. Karena sistem jaringan distribusi sebagian besar beroperasi di struktur radial maka penyelesaian aliran daya harus dijamin lebih mudah menuju konvergensi, [1].

Menurut Kalambe & Agnihotri, persoalan analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik ini berkaitan dengan pemecahan satu set persamaan nonlinear statis yang menggambarkan performansi jaringan listrik. Problem ini dirumuskan berdasarkan Hukum Kirchhoff dalam hal ini injeksi daya aktif dan reaktif dan tegangan pada setiap simpul dalam sistem. Saat ini, simulasi aliran daya merupakan alat utama untuk menjalankan beragam fungsi dalam perencanaan dan pengoperasian sistem tenaga listrik. Dalam permasalahan aliran daya, daya aktif dan magnitude tegangan dikhususkan nilai-nilai untuk bus-bus beban tertentu sedangkan kebutuhan daya aktif dan reaktif juga diberikan, [2].

Efisiensi dari proses optimisasi pada sistem distribusi bergantung pada algoritma aliran daya karena solusi baru didapat ketika algoritma tersebut dieksekusi secara berulang. Dengan demikian penyusunan algoritma aliran daya untuk sistem distribusi harus bersifat kokoh (*robust*) dan hemat waktu. Menurut Teng, sebuah metode yang mampu menemukan solusi aliran daya dengan memanfaatkan karakter topologi jaringan distribusi radial akan digunakan pada penelitian disertasi ini. Metode tersebut digunakan untuk menghindari penggunaan matriks Jacobian atau matriks admitansi  $Y$  yang harus digunakan pada metode konvensional sehingga lebih menghemat waktu perhitungan, [16], [230].

Menurut Zimmerman & Chiang, Zhang & Cheng, aliran daya adalah alat yang sangat penting dan mendasar untuk analisis sistem tenaga listrik apapun dan digunakan dalam tahap operasional maupun perencanaan jaringan RDS. Aplikasi-aplikasi tertentu, terutama dalam otomatisasi distribusi dan optimalisasi sistem tenaga listrik, memerlukan solusi aliran daya berulang. Dalam aplikasinya sangat penting untuk mengatasi masalah aliran daya seefisien mungkin, [9], [10] .

Chiang & Baran, operasi keadaan tunak (*steady-state*) dari sistem tenaga listrik mensyaratkan bahwa catu daya, rugi-rugi transmisi, dan permintaan beban harus seimbang. Persamaan-persamaan aliran daya/aliran beban (*power flow/load flow*) merupakan seperangkat persamaan - persamaan yang menggambarkan operasi keadaan tunak dari sistem tenaga listrik dengan kondisi beban sesaat. Karena struktur-struktur yang berbeda antara jaringan transmisi dan jaringan distribusi, dan kompleksitas sistem tenaga listrik, persamaan-persamaan aliran daya secara konvensional dibagi ke dalam persamaan aliran daya untuk jaringan transmisi dan persamaan aliran daya untuk jaringan distribusi, [7].

Menurut Ghosh & Das, persamaan-persamaan aliran daya pada jaringan RDS, sistem diasumsikan menjadi sistem 3 fasa yang seimbang (*balanced 3-phase system*). Konfigurasi jaringan RDS bisa terdiri dari penyulang utama tunggal dan penyulang utama tunggal dengan lateral. Dan analisa aliran daya diasumsikan jaringan sistem distribusi radial 3 fasa seimbang, [11]. Menurut Chandrasekaran & Broadwater, sistem distribusi radial tiga fasa seimbang merupakan dasar dari model sistem yang digunakan dalam studi-studi perencanaan, [6]. Namun demikian itu, kesalahan memungkinkan terjadi ketika aliran daya menganalisis sistem

sebenarnya karena dalam prakteknya sistem distribusi sebenarnya tidak seimbang dan memiliki rentang koneksi beban yang luas.

Jaringan RDS yang khas terdiri dari sumber tiga fasa yang dominan dan memasok tenaga listrik melalui saluran-saluran distribusi tunggal, dua, atau tiga fasa, saklar-saklar (*switches*), dan transformer ke satu set bus-bus dengan permintaan beban tertentu. Selain itu, tidak seperti sistem transmisi, bagian satu, dua, dan tiga fasa berada di jaringan dan beban-beban satu, dua, dan tiga fasa berada di jaringan. Tujuan-tujuan, struktur-struktur, dan tingkat-tingkat tegangan yang berbeda dari sistem transmisi dan distribusi menjamin bahwa analisis aliran daya, yaitu penentuan tegangan-tegangan steady-state, untuk setiap sistem tetap terpisah.

Aliran daya merupakan komponen utama dari perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Aliran daya terus mengalami perkembangan baik di jaringan distribusi radial atau jaringan distribusi lainnya. Pada prinsipnya hasil simulasi aliran daya adalah besar dan sudut fasa dari tegangan masing-masing bus serta aliran daya aktif dan daya reaktif pada tiap saluran. Hasil simulasi aliran daya biasanya digunakan untuk perencanaan dan perancangan ekspansi sistem distribusi, mengetahui rugi-rugi daya di tiap-tiap saluran dan mengevaluasi jaringan yang ada. Perencanaan dan perancangan ekspansi tersebut biasanya disebabkan oleh kebutuhan daya listrik suatu sistem jaringan distribusi radial yang berubah-ubah setiap saat. Jaringan RDS terus mengalami perkembangan semakin meningkat akibat pemakaian listrik oleh konsumen rumah tangga, bisnis, industry dan pemerintahan setiap hari.

Dalam proses penyaluran aliran daya khususnya pada jaringan RDS tiga fasa sering mengalami ketidakseimbangan dan hal ini tidak dapat diabaikan. Ketidakseimbangan ini biasanya disebabkan oleh perbedaan beban di tiap-tiap fasa bus distribusi. Pada jaringan RDS mempunyai beberapa karakteristik yang umum yaitu struktur jaringannya radial, banyaknya jumlah cabang dan bus. Hal ini disebabkan jaringan distribusi radial menyalurkan daya listriknya ke sejumlah beban. Karakteristik jaringan distribusi radial yang lain adalah hanya memiliki satu bus sebagai sumber daya, biasanya bus sumber (*slack*). Bus sumber berupa bus gardu induk yang diambil dari penyulang. Untuk bus-bus lainnya di dalam jaringan RDS merupakan bus beban (PQ) atau bus pengatur tegangan (PV).

Algoritma standar untuk perhitungan dan simulasi aliran daya yang ada adalah *Newton-Raphson*, *Gauss-Seidel* dan *Fast-Decoupled*. Tetapi algoritma tersebut kurang signifikan untuk perhitungan dan simulasi aliran daya pada sistem distribusi tetapi lebih sesuai untuk sistem transmisi. Sehingga diperlukan suatu rancangan algoritma perhitungan dan simulasi aliran daya pada sistem jaringan distribusi yang lebih efektif dan efisien.

Menurut Das,dkk., Rajicic & Bose, Iwamoto & Tamura dan Tripathy,dkk., kajian aliran daya adalah studi dasar untuk analisis jaringan dan optimasi jaringan RDS. Jaringan RDS bersifat radial dan rasio (R/X)-nya sangat tinggi, sehingga analisis aliran daya menggunakan metode *Newton-Raphson* tidak dapat diandalkan untuk memecahkan rangkaian persamaan-persamaan keseimbangan daya bus, [231], [232], [233], [234]. Beberapa peneliti telah memodifikasi metode *Newton-Raphson* menjadi metode *Gauss-Seidel* dan *Fast-Decoupled* yang sesuai sifat jaringan distribusi radial. Metode-metode tersebut tidak efisien secara komputasi atau kurang konvergen untuk sistem-sistem yang buruk (*ill-conditioned*). Shirmohammadi, dkk. telah mengusulkan metode berbasis kompesasi jaringan distribusi *weakly-mesh*, namun metode ini membutuhkan waktu perhitungan panjang dengan banyak iterasi, [235]. Metode aliran daya diusulkan untuk memperoleh solusi untuk jaringan RDS menggunakan suatu ekivalen saluran tunggal. Menurut Kersting, suatu algoritma aliran daya yang sederhana diusulkan untuk mengidentifikasi cabang-cabang dan simpul-simpul (bus-bus). Selain itu, sejumlah upaya metode aliran daya telah dilakukan dengan menggunakan teori jaringan tangga ( *ladder network*) untuk analisis aliran daya dari jaringan RDS, [236]. Analisis aliran daya dengan teori jaringan tangga dalam jaringan RDS memiliki komputasi yang cepat tetapi tidak konvergen dalam 5 (lima) dari 12 (dua belas) kasus yang diteliti.

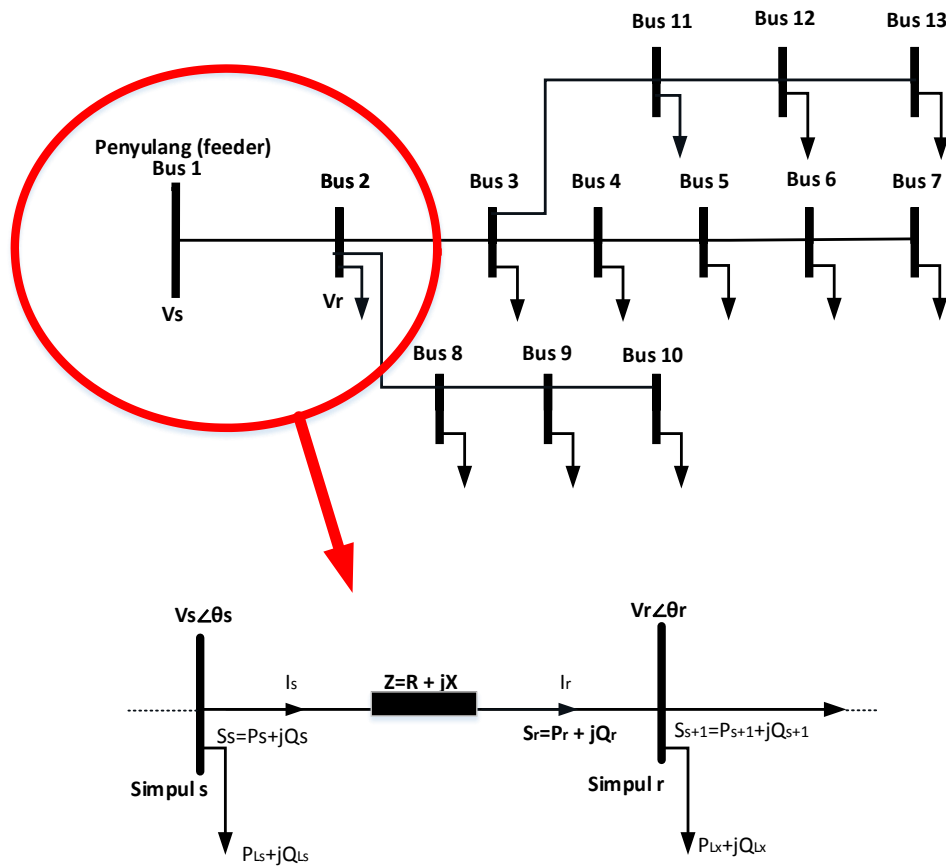
Formulasi algoritma perhitungan dan simulasi aliran daya pada jaringan RDS harus memenuhi kriteria, yaitu pertama adalah sistem distribusi bersifat radial, kedua adalah diasumsikan rasio X/R saluran tinggi dan terakhir adalah berlaku untuk tegangan rendah pada sistem distribusi bukan tegangan tinggi pada sistem transmisi. Algoritma program yang dikembangkan hanya membutuhkan memori yang rendah dan akurasi yang bagus. Selain itu, program dapat diaplikasikan

dengan mudah pada sistem distribusi yang besar dan memiliki kecepatan konvergensi yang lebih baik

Menurut Mok, dkk. efek dari ketergantungan tegangan beban pada hasil-hasil dan karakteristik-karakteristik konvergensi penyelesaian aliran daya dapat dipecahkan melalui Hukum Kirchoff, [237]. Menurut Ghosh & Das dan Selvan & Swarup, pendekatan yang berbeda untuk memecahkan masalah aliran daya yang melibatkan identifikasi semua simpul yang terletak di luar setiap cabang dan perhitungan arus-arus cabang, tegangan-tegangan simpul yang telah diusulkan, [11], [238]. Identifikasi simpul dalam sebuah jaringan RDS yang besar dengan beragam cabang cukup merepotkan dan memakan durasi yang lebih lama untuk menentukan aliran dayanya. Gers menurunkan cara yang paling mudah untuk menganalisis aliran daya dengan meninjau dua simpul jaringan RDS seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6, [212].

Gambar 2.6 menunjukkan bahwa  $s$ = simpul sumber,  $r$ =simpul penerima,  $V_s$ =tegangan magnitude di simpul sumber,  $V_r$ = tegangan magnitude di simpul penerima,  $P, Q$  = beban aktif dan reaktif,  $R, X$  = resistansi dan reaktansi saluran.





Gambar 2.6. Jaringan Sistem Distribusi Radial, [239].

Beda tegangan antara dua simpul dapat dirumuskan pada Persamaan ( 2.1 ),

$$\overline{V}_s - \overline{V}_r = \overline{I} (R + jX) \quad (2.1)$$

Arus yang melalui kedua simpul dapat didefinisikan seperti Persamaan ( 2.2 ),

$$\overline{I} = \frac{P - jQ}{\overline{V}_r^*} \quad (2.2)$$

Substitusi Persamaan ( 2.1 ) ke Persamaan ( 2.2 ) diperoleh hasil Persamaan ( 2.3 )

$$\bar{V}_s - \bar{V}_r = \frac{P - jQ}{\bar{V}_r^*} (R + jX) \quad (2.3)$$

$$(V_s \angle \theta_s) - (V_r \angle \theta_r) = \frac{(P - jQ)(R + jX)}{(V_r \angle -\theta_r)} \quad (2.4)$$

$$(V_s \angle \theta_s)(V_r \angle -\theta_r) - V_r^2 = (PR + QX) + j(PX - QR) \quad (2.5)$$

$$(V_s V_r \angle (\theta_s - \theta_r)) - V_r^2 = (PR + QX) + j(PX - QR) \quad (2.6)$$

Bagian-bagian real dan imajiner Persamaan ( 2.6 ) adalah

$$(V_s V_r \cos(\theta_s - \theta_r)) - V_r^2 = (PR + QX) \quad (2.7)$$

$$(V_s V_r \sin(\theta_s - \theta_r)) = (PX - QR) \quad (2.8)$$

Penguadratan Persamaan ( 2.7 ) dan Persamaan ( 2.8 ) adalah

$$V_s^2 V_r^2 \cos^2(\theta_s - \theta_r) = (V_r^2 + (PR + QX))^2 \quad (2.9)$$

$$V_s^2 V_r^2 \sin^2(\theta_s - \theta_r) = (PX - QR)^2 \quad (2.10)$$

$$\cos^2(\theta_s - \theta_r) + \sin^2(\theta_s - \theta_r) = 1 \quad (2.11)$$

Penjumlahan kedua ruas Persamaan (2.9) dan Persamaan (2.10) diperoleh

$$V_s^2 V_r^2 = V_r^4 + 2V_r^2(PR + QX) + P^2 R^2 + 2PXQR + Q^2 X^2 + P^2 X^2 - 2PXQR + Q^2 R^2 \quad (2.12)$$

Melalui pengelompokan dan reduksi, Persamaan ( 2.12 ) menjadi

$$V_s^2 V_r^2 = V_r^4 + 2V_r^2(PR + QX) + P^2(R^2 + X^2) + Q^2(R^2 + X^2) \quad (2.13)$$

$$V_s^2 V_r^2 = V_r^4 + 2V_r^2(PR + QX) + (P^2 + Q^2)(R^2 + X^2) \quad (2.14)$$

Akhirnya diperoleh penyelesaian  $V_r$  secara umum dari Persamaan ( 2.14 ) adalah

$$V_r^4 + (2(PR + QX) - V_s^2)V_r^2 + (P^2 + Q^2)(R^2 + X^2) = 0 \quad (2.15)$$

$$V_r^2 = -(2(PR + QX) - V_s^2) - ((P^2 + Q^2)(R^2 + X^2))/V_r^2 \quad (2.16)$$

Persamaan ( 2.16 ) merupakan solusi secara langsung tegangan  $V_r$  pada beban bus simpul penerima seperti Gambar 2.6.

Solusi dapat diselesaikan dengan mudah karena persamaannya dalam bentuk kuadratik. P dan Q adalah ekivalen eksak pada jaringan yang terhubung pada simpul r.

Jika  $Z^2 = R^2 + X^2$  maka Persamaan ( 2.15 ) menjadi

$$V_r^4 + (2(PR + QX) - V_s^2)V_r^2 + (P^2 + Q^2)Z^2 = 0 \quad (2.17)$$

$$V_r = \sqrt{V_s^2 - 2(PR + QX) + \frac{(P^2 + Q^2)Z^2}{V_r^2}} \quad (2.18)$$

Untuk saluran yang sama, seperti ditunjukkan

Gambar 2.6, Hukum Tegangan Kirchhoff (*Kirchoff's Voltage Law-KVL*) dapat ditulis sebagai berikut :

$$\bar{V}_s = \bar{V}_r + \bar{I}_s \bar{Z}_s \quad (2.19)$$

$$\bar{V}_r = \bar{V}_s - \bar{I}_s \bar{Z}_s \quad (2.20)$$

Persamaan ( 2.19 ) sampai dengan Persamaan ( 2.20 ) sering digunakan untuk perhitungan tegangan-tegangan simpul pada cabang *sending-end* atau *receiving-end* jaringan distribusi radial dengan algoritma *forward/backward sweep-based*, Eminoglu & Hocaoglu, Chang, dan Rana,dkk, [20], [240], . [241]. Persamaan-persamaan pada cabang-cabang berikutnya bisa ditentukan persamaan aliran cabang maju dan persamaan aliran cabang mundur.

Persamaan-persamaan aliran cabang maju (*forward*) adalah

$$P_{s+1} = P_s - R \frac{P_s^2 + Q_s^2}{V_s^2} - P_{Lr} \quad (2.21)$$

$$Q_{s+1} = Q_s - X \frac{P_s^2 + Q_s^2}{V_s^2} - Q_{Lr} \quad (2.22)$$

$$V_r^2 = V_s^2 - 2(RP_s + XQ_s) + \frac{(P_s^2 + Q_s^2)|Z|^2}{V_s^2} \quad (2.23)$$

Persamaan-persamaan aliran cabang mundur (*backward*) adalah

$$P_s = P_{s+1} + R \frac{P_r^2 + Q_r^2}{V_r^2} + P_{Lr} \quad (2.24)$$

$$Q_s = Q_{s+1} + X \frac{P_r^2 + Q_r^2}{V_r^2} + Q_{Lr} \quad (2.25)$$

$$V_s^2 = V_r^2 + 2(RP_r + XQ_r) + \frac{(P_r^2 + Q_r^2)|Z|^2}{V_r^2} \quad (2.26)$$

Rugi-rugi daya aktif dan reaktif dapat dihitung menggunakan magnitudo-magnitudo  $I^2R$  dan  $I^2X$  dan magnitudo arus, rugi-rugi daya aktif maupun reaktif dalam saluran dapat dinyatakan Persamaan ( 2.27 ), Persamaan ( 2.28 ) dan Persamaan ( 2.29 ).

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{V_r} \quad (2.27)$$

$$L_p = \frac{R(P^2 + Q^2)}{V_r^2} \quad (2.28)$$

$$L_q = \frac{X(P^2 + Q^2)}{V_r^2} \quad (2.29)$$

Dimana  $L_p$  = rugi-rugi aktif dalam saluran dan  $L_q$  = rugi-rugi reaktif dalam saluran.

Model-model jaringan distribusi terdiri dari model 3 fasa seimbang dan model 3 fasa tidak seimbang. Model 3 fasa seimbang disajikan dengan resistansi dan reaktansi dalam satuan pu. Untuk alasan ini kapasitansi diabaikan kecuali saluran sangat panjang. Semua beban yang mencakup kapasitor untuk kompesasi tegangan reaktif disajikan dengan komponen aktif ( $P_0$ ) dan komponen reaktif ( $Q_0$ ) pada tegangan 1.0 pu. Efek variasi tegangan dinyatakan pada Persamaan ( 2.30 ) dan Persamaan ( 2.31 ).

$$P = P_0 V^k \quad ( 2.30 )$$

$$Q = Q_0 V^k \quad ( 2.31 )$$

Dimana variabel-variabel kedua persamaan tersebut terdiri dari V adalah magnitude tegangan dengan nilai  $k = 0, 1$  dan  $2$ . Kondisi  $k=0$  untuk beban-beban pada daya konstan,  $k=1$  untuk beban-beban pada arus konstan dan  $k=2$  untuk beban pada impedansi konstan. Nilai  $k$  dapat berubah bergantung pada karakteristik beban.

Model jaringan distribusi 3 fasa tak seimbang didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan. Model ini berupa saluran distribusi terdiri dari satu, dua atau tiga fasa dan konduktor netral yang dihubungkan pada ground dan selanjutnya sebagai potensial ground. Model ini adalah pendekatan yang valid dalam banyak kasus. Beban tiga fase dianggap terdiri dari tiga beban fase tunggal yang terhubung dalam bintang.

Menurut Eminoglu & Hocaoglu, algoritma aliran daya yang kokoh diusulkan berdasarkan perhitungan tegangan maju dan mundur dengan menggunakan persamaan tegangan polinomial dan *Hukum Kirchoff* untuk setiap cabang. Struktur tipe pohon (*tree-type*) diaplikasikan pada penyulang jaringan RDS. Metode ini mirip dengan teori tangga dengan prosedur penomoran yang kompleks dengan kondisi awal semua nilai bus disesuaikan, [242].

Menurut Radhakrishna,dkk. mengusulkan pemecahan permasalahan aliran daya melalui pembentukan *insident matrixs* dan penulisan persamaan-persamaan aliran daya sebagai persamaan-persamaan rekursif kompleks linear melalui variabel baru, [243]. Metode ini memiliki keuntungan untuk menghindari tegangan-tegangan awal dan lebih mudah untuk pengembangan karena semua persamaan

disajikan dalam format matriks. Pemecahan aliran daya dijelaskan dengan bantuan konsep dualitas jaringan menggunakan teknik pengumpanan data yang unik dan penciptaan informatif tunggal impedansi matrik jalur maju.

Babu, dkk. telah merumuskan permasalahan aliran daya dengan menggunakan algoritma *forward sweep* untuk evaluasi berulang parameter-parameter simpul yang didasarkan pada hukum arus Kirchoff (*Kirchoff's current law-KCL*) dan hukum tegangan Kirchoff (*Kirchoff's voltage law-KVL*), [244]. Metodologi tersebut telah dibuat cocok untuk sistem jaringan distribusi yang lebih besar dengan sepenuhnya mengeksplorasi sifat radialitas dan merumuskan skema penomoran yang unik dan analisis injeksi daya untuk semua simpul-simpul dan cabang-cabang dalam suatu sistem. Zhang, dkk. telah menyajikan algoritma aliran daya baru yang didasarkan pada teknik injeksi arus ekivalen. Selain menggunakan impedansi atau matrik-matrik Jacobian, metode yang diusulkan telah memanfaatkan matrik-matrik *load injection to branch-current (LIBC)*, [245]. Metode ini telah sepenuhnya dieksplorasi struktur topologi khusus dari sistem distribusi untuk membuat solusi langsung. Menurut Sharma, dkk, sebuah metode yang sederhana dan efisien secara komputasi untuk identifikasi simpul terminal telah disajikan, yang memiliki algoritma aliran daya lebih cepat terutama untuk memenuhi persyaratan operasi yang mendekati waktu nyata, [246]. Hamouda, dkk. telah memecahkan permasalahan aliran daya dalam sistem jaringan distribusi radial seimbang dengan lateral-lateral berdasarkan hukum rangkaian listrik, yang telah memungkinkan evaluasi dari kedua nilai-nilai tegangan (rms) dan sudut-sudut fasa, [247]. Didalam paper yang sama, suatu teknik sederhana telah diadopsi untuk menentukan simpul-simpul di luar setiap cabang dan kecepatan konvergensi yang meningkat melalui pilihan yang tepat tegangan awal. Menurut Mistry&Roy, penyelesaian aliran daya yang efisien telah dikembangkan untuk jaringan RDS yang buruk (*ill-conditioned*). Analisis aliran daya telah mempertimbangkan beban statis dengan kurva beban harian yang lebih praktis untuk sistem distribusi aktif, [248].

Sebuah jaringan RDS yang terencana dan efektif adalah kunci mengatasi permintaan daya yang semakin meningkat untuk beban domestik, industri dan komersial. Analisis aliran daya (*power flow analysis-PFA*) pada sistem jaringan

RDS adalah sangat penting untuk perencanaan, operasi dan optimasi jaringan sistem distribusi radial yang efektif.

### 3.2.2.1 Analisis Aliran Daya Jaringan RDS – Bentuk PFA#I

Pemodelan matematika Bentuk PFA#I didasarkan pada identifikasi penyulang utama sebagai komponen penting untuk menjalankan algoritma PFA dan memperkirakan arus cabang jaringan RDS. Dalam jaringan RDS, rasio R/X besar menyebabkan permasalahan konvergensi seperti algoritma aliran daya konvensional. Untuk jaringan RDS seimbang, jaringan dapat diwakili oleh diagram saluran tunggal (*single line diagram*-SLD). Saluran kapasitansi shunt di tingkat tegangan distribusi sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Model matematika sederhana dari bagian sistem jaringan RDS ditunjukkan pada Gambar 2.7. Daya kompleks yang diumpangkan ke simpul  $i$  dapat dinyatakan Persamaan ( 2.32 ).

$$S_i = V_i(LI)_i^* = P_i + jQ_i \quad ( 2.32 )$$

$$(LI)_i = \left( \frac{S_i}{V_i} \right)^* = \frac{PL_i - jQL_i}{V_i^*} \quad ( 2.33 )$$

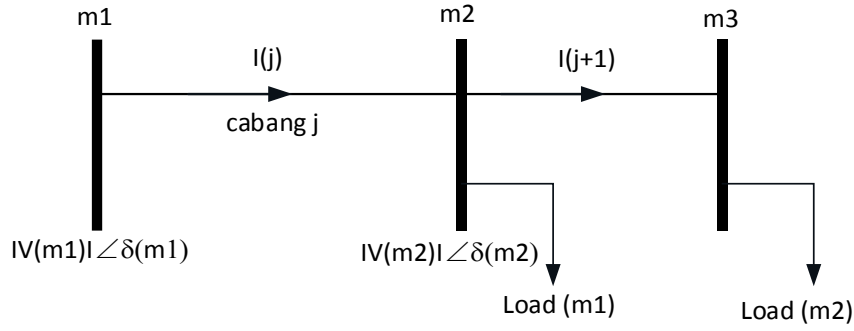
$$(LI)_i = \frac{\sqrt{PL_i^2 + QL_i^2}}{|V_i|} \frac{< \tan^{-1} \left( -QL_i / PL_i \right)}{< -\theta_{V_i}} = |LI_i| < \theta_i = |LI_i| \quad ( 2.34 )$$

$$< \cos \theta_i + j|LI_i| < \sin \theta_i$$

dimana

$$|LI_i| = \frac{\sqrt{PL_i^2 + QL_i^2}}{|V_i|} \quad ( 2.35 )$$

$$\theta_i = \theta_{V_i} - \tan^{-1} \left( \frac{QL_i}{PL_i} \right) \quad ( 2.36 )$$



Gambar 2.7. Diagram Ekivalen Jaringan Distribusi Radial untuk PFA, [231].

Perhitungan arus cabang adalah

$$I_{cbj} = \sum_{i=1}^n |LI_i| \cos \theta_i + j \sum_{i=1}^n |LI_i| \sin \theta_i = \text{Re}(I_{cbj}) + j \text{Im}(I_{cbj}) \quad (2.37)$$

$$I_{cbj} = |I_{cbj}| < I_{cbj} \quad (2.38)$$

dimana

$$|I_{cbj}| = \left[ \left( \text{Re}(I_{cbj}) \right)^2 + \left( \text{Im}(I_{cbj}) \right)^2 \right]^{1/2} \text{ dan } \angle I_{cbj} = \tan^{-1} \frac{\text{Im}(I_{cbj})}{\text{Re}(I_{cbj})}$$

Perhitungan tegangan adalah

$$V_r = V_s - I_{cb} \cdot Z_{cb} \quad (2.39)$$

$$|V_r| < \theta V_r = |V_s| < \theta V_s - |I_{cb}| < \theta V_{cb} \cdot |Z_{cb}| < \theta Z_{cb} \quad (2.40)$$

$$|V_r| < \theta V_r = |V_s| < \theta V_s - |I_{cb}| \cdot |Z_{cb}| < (\theta V_{cb} + \theta Z_{cb}) \quad (2.41)$$

$$|V_r| < \theta V_r = |V_s| < \theta V_s - |I_{cb}| \cdot |Z_c| < \varphi \quad (2.42)$$

Bagian real dan imajiner dari Persamaan ( 2.42 ) adalah

$$|V_r| \cos \theta V_r = |V_s| \cos \theta V_s - |I_{cb}| \cdot |Z_{cb}| \cos \varphi \quad (2.43)$$

$$|V_r| \sin \theta V_r = |V_s| \sin \theta V_s - |I_{cb}| \cdot |Z_{cb}| \sin \varphi \quad (2.44)$$

$$\text{dimana } \varphi = \theta V_{cb} + \theta Z_{cb} = \tan^{-1} \frac{\text{Im}(I_{cbj})}{\text{Re}(I_{cbj})} + \tan^{-1} \left( \frac{X_{cb}}{R_{cb}} \right)$$



Kuadrat dan penjumlahan Persamaan ( 2.43 ) dan Persamaan ( 2.44 ) adalah

$$|V_r|^2 = |V_s|^2 + |I_{cb}|^2 \cdot |Z_{cb}|^2 - 2|V_s| \cdot |I_{cb}| \cdot |Z_{cb}| \cdot \{ \cos\theta V_s \cos\varphi + \sin\theta V_s \sin\varphi \} \quad (2.45)$$

$$|V_r|^2 = |V_s|^2 + |I_{cb}|^2 \cdot |Z_{cb}|^2 - 2|V_s| \cdot |I_{cb}| \cdot |Z_{cb}| \cdot \cos(\theta V_s - \varphi) \quad (2.46)$$

Pembagian Persamaan ( 2.45 ) dengan Persamaan ( 2.46 ) diperoleh

$$\theta V_r = \tan^{-1} \left[ \frac{|V_s| \sin\theta V_s - |I_{cb}| \cdot |Z_{cb}| \sin\varphi}{|V_s| \cos\theta V_s - |I_{cb}| \cdot |Z_{cb}| \cos\varphi} \right] \quad (2.47)$$

Jadi, sekali arus cabang dihitung, tegangan-tegangan simpul diestimasi menggunakan persamaan-persamaan di atas. Oleh karena itu, kompleksitas penyelesaian aliran daya terletak pada perhitungan arus-arus cabang. Penelitian disertasi menyajikan suatu prosedur yang relatif sederhana dan efisien untuk mengidentifikasi simpul-simpul dari jaringan RDS dan kemudian memperkirakan arus-arus cabang dan tegangan-tegangan simpul. Dalam Analisis Aliran Daya Jaringan RDS – Bentuk PFA#I, tanpa pengetahuan sebelumnya, prosedur iterasi melalui beberapa step dapat dilakukan sebagai berikut:

<b>Step 1</b>	: Baca data sistem dan awalnya ditetapkan semua tegangan-tegangan node 1,0 p. u. (per unit) dan arus-arus cabang untuk 0.
<b>Step 2</b>	: Hitunglah arus-arus untuk semua cabang-cabang jaringan RDS.
<b>Step 3</b>	: Update tegangan-tegangan simpul menggunakan perhitungan arus-arus cabang.
<b>Step 4</b>	: Jika nilai absolut tegangan pada setiap simpul dari selisih antara iterasi sebelumnya dan iterasi sekarang lebih mendekati nilai yang telah ditetapkan (misalnya 0,0001), maka sudah tercapai konvergensi dan menuju step 5 selesai jika belum mencapai konvergensi berulang menuju step 2.
<b>Step 5</b>	: Selesai.

Setelah kriteria konvergensi melalui Analisis Aliran Daya Jaringan RDS – Bentuk PFA#I terpenuhi maka rugi-rugi daya aktif dan reaktif dari suatu cabang jaringan RDS dapat dihitung melalui Persamaan ( 2.48 ) dan Persamaan ( 2.49 ).

$$LP_j = |I_{cbj}|^2 \cdot R_{cbj} \quad (2.48)$$

$$LQ_j = |I_{cbj}|^2 \cdot X_{cbj} \quad (2.49)$$

Dimana  $S_i$  adalah daya kompleks yang diumpankan pada simpul  $i$ ,  $P_i$  adalah daya aktif yang diumpankan pada simpul  $i$ ,  $Q_i$  adalah daya reaktif yang diumpankan pada simpul  $i$ ,  $NB$  adalah jumlah total simpul ( $i=1,2,\dots,NB$ ),  $LN$  adalah jumlah total cabang-cabang ( $LN=NB-1$ ),  $PL_i$  adalah daya aktif beban di simpul  $i$  dan  $QL_i$  adalah daya reaktif beban di simpul  $i$ . Sedangkan  $IV_i$  adalah magnitudo tegangan pada simpul  $i$ ,  $\theta_{vi}$  adalah sudut tegangan pada simpul ke- $i$ ,  $IL_i$  adalah magnitudo arus beban pada simpul ke- $i$ ,  $\theta_i$  adalah sudut arus beban pada simpul ke- $i$ ,  $I_{cbj}$  magnitudo arus pada cabang  $j$  dan  $\angle I_{cbj}$  adalah sudut arus pada cabang  $j$ .  $V_s$  adalah tegangan simpul pengirim,  $V_r$  adalah tegangan simpul penerima,  $IS(j)$  adalah ujung simpul pengirim dari cabang  $j$ ,  $IR(j)$  adalah ujung simpul penerima dari cabang  $j$ ,  $LP_j$  adalah rugi daya aktif pada cabang  $j$  dan  $LQ_j$  adalah rugi daya reaktif pada cabang  $j$ .

### 3.2.2.2 Analisis Aliran Daya Jaringan RDS – Bentuk PFA#II

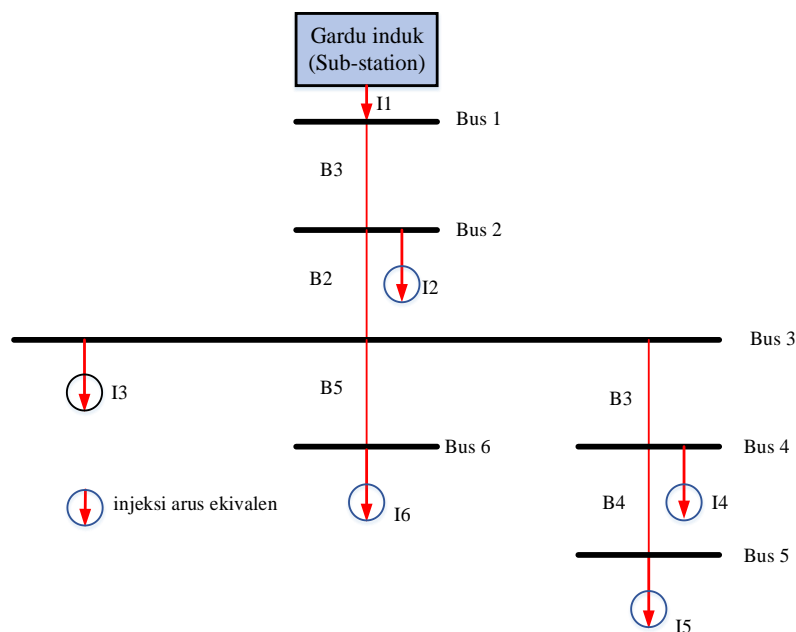
Analisis aliran daya pada sistem distribusi memiliki yang berbeda dengan aliran daya pada sistem transmisi. Hal ini dikarenakan sistem distribusi mempunyai jaring berbentuk radial. Salah satu Analisis Aliran Daya Jaringan RDS – Bentuk PFA#II untuk menghitung aliran daya pada sistem distribusi radial adalah metode Bus Injection to Branch Current–Branch Current to Bus Voltage (BIBC-BCBV). Perhitungan aliran daya dengan metode BIBC-BCBV merupakan pengembangan dari metode topologi jaringan (Network Topology-NT). Metode NT yang dikenalkan oleh Teng, Eminoglu & Hocaoglu dan Alsaadi & Gholami merupakan pengembangan perhitungan aliran daya sebagai suatu formulasi yang mengeksplorasi karakteristik topologi sistem distribusi dan menyelesaikan aliran daya distribusi secara langsung, [16], [20], [23], [230]. Diketahui suatu jaringan RDS (seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8) memiliki daya kompleks  $S_i$  disetiap bus  $i$  adalah

$$S_i = (P_i + jQ_i); i = 1, 2, \dots, N, \quad (2.50)$$

Maka injeksi arus yang ekuivalen setiap iterasi ke-k dari penyelesaian aliran daya adalah

$$I_i^k = I_i^r(V_i^k) + jI_i^i(V_i^k) = \left( \frac{P_i + jQ_i}{V_i^k} \right)^* \quad (2.51)$$

Dimana  $V_i^k$  adalah tegangan simpul pada iterasi ke-k,  $I_i^k$  injeksi arus ekivalen pada iterasi ke-k dan  $I_i^r$  &  $I_i^i$  adalah bagian-bagian real dan imajiner dari injeksi arus ekivalen pada iterasi ke-k.



Gambar 2.8. Suatu Jaringan Sistem Distribusi Radial.

Persamaan injeksi arus ekivalen dari suatu jaringan RDS diturunkan sebagai berikut :

$$B_5 = I_6 \quad (2.52)$$

$$B_4 = I_5 \quad (2.53)$$

$$B_3 = I_4 + I_5 \quad (2.54)$$

$$B_2 = I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (2.55)$$

$$B_1 = I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (2.56)$$

Matrik BIBC dapat disusun dari injeksi arus ekivalen ke bus dari Persamaan ( 2.52 ) sampai dengan Persamaan ( 2.56 ).

$$\begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{bmatrix} \quad ( 2.57 )$$

Bentuk umum dari matrik BIBC adalah

$$\{B\} = \{BIBC\}\{I\} \quad ( 2.58 )$$

Selanjutnya, persamaan tegangan jatuh dapat diturunkan melalui jalur injeksi arus ekivalen. Perhitungan tegangan setiap bus adalah

$$V_2 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} \quad ( 2.59 )$$

$$V_3 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} \quad ( 2.60 )$$

$$V_4 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} \quad ( 2.61 )$$

$$V_5 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot Z_{34} - B_4 \cdot Z_{45} \quad ( 2.62 )$$

$$V_6 = V_1 - B_1 \cdot Z_{12} - B_2 \cdot Z_{23} - B_3 \cdot 0 - B_4 \cdot 0 - B_5 \cdot Z_{36} \quad ( 2.63 )$$

Tegangan jatuh antar bus dapat diturunkan dari Persamaan ( 2.59 ) sampai dengan Persamaan ( 2.63 ).

$$V_1 - V_2 = B_1 \cdot Z_{12} \quad ( 2.64 )$$

$$V_1 - V_3 = B_1 \cdot Z_{12} + B_2 \cdot Z_{23} \quad ( 2.65 )$$

$$V_1 - V_4 = B_1 \cdot Z_{12} + B_2 \cdot Z_{23} + B_3 \cdot Z_{34} \quad ( 2.66 )$$

$$V_1 - V_5 = B_1 \cdot Z_{12} + B_2 \cdot Z_{23} + B_3 \cdot Z_{34} + B_4 \cdot Z_{45} \quad ( 2.67 )$$

$$V_1 - V_6 = B_1 \cdot Z_{12} + B_2 \cdot Z_{23} + B_3 \cdot 0 + B_4 \cdot 0 + B_5 \cdot Z_{36} \quad ( 2.68 )$$

Matrik BCBV dapat disusun dari tegangan jatuh antar bus dari Persamaan ( 2.64 ) sampai dengan Persamaan ( 2.68 ).

$$\begin{bmatrix} V_1 - V_2 \\ V_1 - V_3 \\ V_1 - V_4 \\ V_1 - V_5 \\ V_1 - V_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & 0 & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & Z_{34} & Z_{45} & 0 \\ Z_{12} & Z_{23} & 0 & 0 & Z_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{bmatrix} \quad ( 2.69 )$$

Bentuk umum dari matrik BCBV adalah

$$\{\Delta V\} = \{BCBV\}\{B\} \quad ( 2.70 )$$

Apabila Persamaan ( 2.58 ) disubstitusikan ke Persamaan( 2.70 ), maka  $\Delta V$  didapatkan sebagai berikut :

$$\{\Delta V\} = \{BCBV\}\{BIBC\}\{I\} \quad ( 2.71 )$$

$$\{\Delta V\} = \{DLF\}\{I\} \quad ( 2.72 )$$

Akhirnya, penyelesaian aliran dengan metode NT dapat diperoleh prosedur perhitungan secara iterasi ke-k melalui substitusi Persamaan ( 2.51 ) ke Persamaan ( 2.72 ).

$$\{\Delta V^{k+1}\} = \{DLF\}\{I^k\} \quad ( 2.73 )$$

Persamaan tegangan baru merupakan pembaharuan Persamaan ( 2.73 )

$$\{V^{k+1}\} = \{V_1\} - \{\Delta V^{k+1}\} \quad ( 2.74 )$$

$V_1$  merupakan tegangan dari *swing bus*, sehingga dari Persamaan ( 2.73 ) diperoleh nilai deviasi tegangan pada setiap bus, yang selanjutnya akan diperbarui nilai dari Persamaan ( 2.74 ) pada setiap iterasi ke k, sehingga diperoleh tegangan yang valid setelah iterasi menjadi konvergen.

Suyanto, dkk.[167] telah mengembangkan analisis aliran daya jaringan RDS melalui modifikasi BIBC-BCBV. Analisis aliran daya ditekankan pada jaringan RDS tiga fasa yang seimbang/tidak seimbang, pasif/aktif dan tipe radial/weakly mesh. Analisis aliran daya dikembangkan telah dimodelkan dan disimulasikan pada jaringan standar-sistem IEEE-33 BUS dan jaringan riil-beberapa penyulang jaringan distribusi 20 kV di Kota Surabaya.

### **3.2.2.3 Analisis Aliran Daya Jaringan RDS – Bentuk PFA#III**

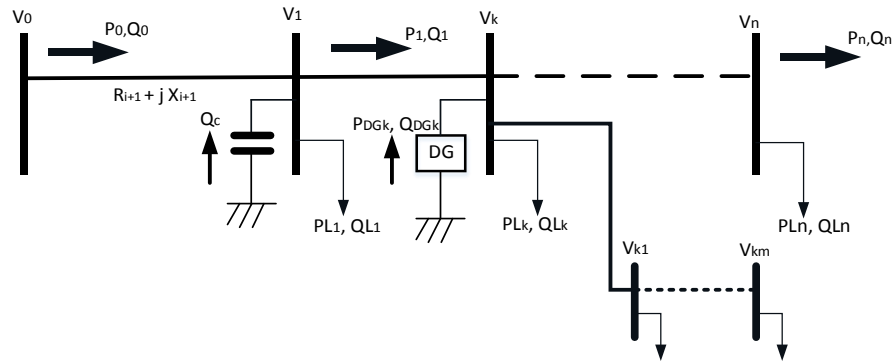
Menurut Khushalani,dkk., ketika penetrasi unit DG dan kapasitor shunt pada jaringan RDS, analisis aliran daya jaringan RDS membutuhkan model dan algoritma untuk menangani penempatan, beragam tipe dan ukuran unit DG serta kapasitor shunt. Kondisi keadaan tunak aliran jaringan RDS merupakan salah satu kunci perhitungan sistem distribusi. Otomasi distribusi membutuhkan penyelesaian aliran daya yang cepat, efisien dan tangguh, [19].

Menurut Janev, dkk., jaringan RDS didesain untuk beroperasi radial ( lintasan unik dari beberapa bus menuju sumber) dan kondisi aliran daya satu arah (*unidirectional*). Tetapi, ketika unit DG dan kapasitor shunt terinjeksi pada jaringan RDS maka kondisi aliran dayanya tidak lagi satu arah lagi. Penggunaan unit DG dan kapasitor shunt yang begitu luas dalam jaringan RDS akan mempengaruhi perubahan perencanaan, operasi dan optimasi sistem tenaga listrik, [24].

Analisis Aliran Daya Jaringan RDS – Bentuk PFA#III merupakan modifikasi dan pengembangan Bentuk PFA#I dan Bentuk PFA#II. Salah satu hal penting yang perlu perhatian khusus dalam algoritma Bentuk PFA#III adalah jaringan RDS, 1,2,3 fasa dan seimbang maupun tidak seimbang. Beberapa alasan pendekatan Bentuk PFA#III adalah pertama, sistem distribusi sumber tegangan tunggal dari gardu induk (*sub-station*) dan beban-beban 3 fasa melalui trafo distribusi. Kedua, fasa-fasa saluran transmisi dimuati beban yang tidak merata. Ketiga, tidak seperti pada sistem transmisi, saluran udara pada sistem distribusi tidak dialihkan. Namun, dalam algoritma Bentuk PFA#III, beberapa sistem distribusi yang seimbang telah dipertimbangkan untuk pengujian ekstensif dan menilai efektivitas algoritma yang diusulkan. Dalam penerapan algoritma Bentuk PFA#III tersebut ke depan, algoritma analisis aliran daya dilakukan beberapa

modifikasi dan akan diuji pada jaringan RDS yang sama dengan beban tidak seimbang untuk rekonfigurasi penyulang oleh Baran & Wu, penempatan dan penentuan ukuran generasi terdistribusi (DG) oleh Abu-Mouti&El-Hawary serta kapasitor shunt oleh Grainger&Lee dan Baran & Wu. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan perbaikan profil tegangan dan minimalisasi rugi-rugi daya dalam pengumpanan jaringan RDS tersebut, [249], [250], [251], [252] .

Diketahui suatu penyulang jaringan RDS dengan n total bus terdiri dari satu penyulang utama (l) dan masing-masing satu lateral dan sublateral. Selain itu, jaringan RDS juga terintegrasi unit-unit DG ( $n_{DG}$ ) dan kapasitor shunt ( $n_C$ ) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Diagram Saluran Tunggal Jaringan RDS Meliputi DG dan Kapasitor, [250].

Kondisi-kondisi terminal pada Gambar 2.9 harus memenuhi Persamaan (2.75) sampai Persamaan (2.77) dan Analisis Aliran Daya Jaringan RDS – Bentuk PFA#III, meliputi :

Formulasi tiga persamaan aliran daya tiap cabang secara rekursif adalah

$$P_{i+1} = P_i - r_{i+1} \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) - P_{L_{i+1}} + \mu_P A P_{i+1} \quad (2.75)$$

$$Q_{i+1} = Q_i - x_{i+1} \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) - Q_{L_{i+1}} + \mu_Q R P_{i+1} \quad (2.76)$$

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(r_{i+1} \cdot P_i + x_{i+1} \cdot Q_i) + \left[ (r_{i+1}^2 + x_{i+1}^2) \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) \right] \quad (2.77)$$

Persamaan (2.75) sampai dengan Persamaan (2.77) dapat diterapkan jika persamaan tersebut memenuhi beberapa kondisi, sebagai berikut :

- i. Pada akhir penyulang utama, *lateral* dan *sublaterals* yang seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9 harus memenuhi Persamaan ( 2.78 ) dan Persamaan ( 2.79 ).

$$P_n = Q_n = 0 \quad (2.78)$$

$$P_{km} = Q_{km} = 0 \quad (2.79)$$

- ii. Tegangan pada bus k sama dengan tegangan lateral i dinyatakan Persamaan ( 2.80 )

$$V_k = V_{k0} \quad (2.80)$$

### **Rugi-rugi daya aktif**

Rugi-rugi daya aktif dinyatakan Persamaan ( 2.81 )

$$P_{loss}(i, i+1) = R_{i,i+1} \cdot \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) \quad (2.81)$$

Dimana  $P_{loss}(i, i+1)$  adalah rugi-rugi daya aktif dalam bagian saluran antara bus-bus i dan i+1;  $P_i$  dan  $Q_i$  adalah aliran daya aktif dan aliran daya reaktif ke dalam pengiriman akhir cabang i + 1 yang menghubungkan bus i dan bus i + 1.

### **Rugi-rugi daya reaktif**

Rugi-rugi daya reaktif dinyatakan Persamaan ( 2.82 )



$$Q_{loss}(i,i+1) = X_{i,i+1} \cdot \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) \quad (2.82)$$

Dimana  $Q_{loss}(i,i+1)$  adalah rugi-rugi daya reaktif dalam bagian saluran antara bus-bus  $i$  dan  $i+1$ .

Untuk penyelesaian permasalahan aliran daya, beberapa kondisi awal yang harus memenuhi Persamaan (2.83) sampai Persamaan (2.85).

$$P_O = \sum_{i=0}^n P_{L_{i+1}} + P_{factor} \quad (2.83)$$

Dimana  $P_O$  adalah daya aktif akhir yang terkirim,  $P_{factor}$  adalah pendekatan rugi-rugi daya aktif dan  $P_{L_{i+1}}$  adalah daya aktif beban.

$$Q_O = \sum_{i=0}^n Q_{L_{i+1}} + Q_{factor} \quad (2.84)$$

Dimana  $Q_O$  adalah daya reaktif akhir yang terkirim,  $Q_{factor}$  adalah pendekatan rugi-rugi daya reaktif dan  $Q_{L_{i+1}}$  adalah daya reaktif beban.

$$V_0 = 1 + j.0 \text{ p.u} \quad (2.85)$$

dimana  $V_0$  adalah tegangan akhir yang terkirim.

$$P_{factor} = \frac{\left[ \frac{\left( \sum_{i=0}^n P_{L_{i+1}} \right)^2 + \left( \sum_{i=0}^n Q_{L_{i+1}} \right)^2}{V_o^2} \right] \cdot \sum_{i=0}^n r_{i+1}}{n-1} \quad (2.86)$$

Dimana  $\sum_{i=0}^n P_{L_{i+1}}$ ,  $\sum_{i=0}^n Q_{L_{i+1}}$ ,  $\sum_{i=0}^n r_{i+1}$  berturut-turut adalah penjumlahan daya aktif seluruh beban, penjumlahan daya reaktif seluruh beban pada seluruh bus dan penjumlahan resistansi seluruh saluran semua bus. n adalah jumlah bus.

$$Q_{factor} = \frac{\left[ \frac{\left( \sum_{i=0}^n P_{L_{i+1}} \right)^2 + \left( \sum_{i=0}^n Q_{L_{i+1}} \right)^2}{V_o^2} \cdot \sum_{i=0}^n x_{i+1} \right]}{n-1} \quad (2.87)$$

Dimana  $\sum_{i=0}^n x_{i+1}$  adalah total semua reaktansi.

$$P_{0,new} = P_{0,old} - P_n \quad (2.88)$$

Dimana  $P_n$  adalah daya aktif yang mengalir ke dalam bus akhir (n).

$$Q_{0,new} = Q_{0,old} - Q_n \quad (2.89)$$

Dimana  $Q_n$  adalah daya reaktif yang mengalir ke dalam bus akhir (n).

### Aliran Daya Aktif

$$P_{i+1} = P_i - P_{L_{i+1}} - R_{i,i+1} \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) \quad (2.90)$$

Dimana  $P_i$  adalah aliran daya aktif pada pengiriman akhir cabang i+1 yang menghubungkan bus i dan bus i+1;  $P_{L_{i+1}}$  adalah daya aktif beban pada bus i + 1;  $R_{i,i+1}$  adalah resistansi bagian saluran antara bus i dan bus i+1 serta  $|V_i|$  adalah besar tegangan bus pada bus i.

### Aliran Daya Reaktif

$$Q_{i+1} = Q_i - Q_{L_{i+1}} - X_{i,i+1} \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) \quad (2.91)$$

Dimana  $Q_i$  adalah aliran daya reaktif pada pengiriman akhir cabang i+1 yang menghubungkan bus i dan bus i+1;  $Q_{L_{i+1}}$  adalah daya aktif beban pada bus i + 1;  $X_{i,i+1}$  adalah reaktansi bagian saluran antara bus i dan bus i+1.

Komputasi tegangan-tegangan pada setiap bus adalah

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(R_{i,i+1} \cdot P_i + X_{i,i+1} \cdot Q_i) + \left[ (R_{i,i+1}^2 + X_{i,i+1}^2) \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) \right] \quad (2.992)$$

### **PFA#III-A- Formulasi Penyelesaian Aliran Daya Untuk Penyulang Saluran Tunggal**

Langkah-langkah formulasi dan analisis penyelesaian aliran daya jaringan RDS untuk penyulang saluran tunggal, sebagai berikut:

<b>Step 1</b>	: Identifikasi data penyulang jaringan RDS.
<b>Step 2</b>	: Tentukan jumlah beban daya aktif dan jumlah beban daya reaktif untuk semua bus sekalian juga jumlah semua resistansi dan reaktansi dari setiap bagian yang menghubungkan dua bus.
<b>Step 3</b>	: Asumsi bahwa pengiriman akhir daya aktif, daya reaktif dan tegangan sesuai Persamaan , Persamaan ( 2.83 ) sampai dengan Persamaan ( 2.87 ).
<b>Step 4</b>	: Terapkan persamaan-persamaan aliran daya yaitu Persamaan (2.75) sampai dengan Persamaan (2.77) untuk penyulang utama.
<b>Step 5</b>	: Jika nilai-nilai absolut Pn dan Qn dari bus terakhir adalah nol atau toleransi yang dapat diterima $\leq 10^{-7}$ pu, solusi aliran dayanya dapat diterima, jika tidak pergi ke langkah berikutnya.
<b>Step 6</b>	: Untuk bus pertama pada penyulang utama ditetapkan Persamaan ( 2.88 ) dan Persamaan ( 2.89 ). Gunakan nilai-nilai awal yang baru dan kembali mengikuti Step 4.

### **PFA#III-B- Formulasi Penyelesaian Aliran Daya Untuk Penyulang, Lateral dan Sublateral**

Langkah-langkah formulasi dan analisis penyelesaian aliran daya jaringan RDS untuk penyulang saluran tunggal, sebagai berikut:

<b>Step 1</b>	: Identifikasi data penyulang (utama, lateral dan sublateral) jaringan RDS.
<b>Step 2</b>	: Tentukan jumlah beban daya aktif dan jumlah beban daya reaktif pada sublateral (jika tersedia). Selanjutnya juga jumlah beban kedua daya tersebut pada lateral dan penyulang utama.
<b>Step 3</b>	: Terapkan penyelesaian aliran daya seperti <b>PFA#III-A</b> untuk penyulang utama.
<b>Step 4</b>	: Dengan tegangan pada bus jauh yang menyajikan lateral, gunakan nilai ini sebagai tegangan bus pertama pada lateral ini. Dan selesaikan lateral secara tersendiri seperti penyelesaian aliran daya - <b>PFA#III-A</b>
<b>Step 5</b>	: Untuk sublateral (jika tersedia), dengan tegangan pada bus jauh yang menyajikan sublateral, gunakan nilai ini sebagai tegangan bus pertama pada sublateral ini. Dan selesaikan sublateral secara tersendiri seperti penyelesaian aliran daya - <b>PFA#III-A</b>
<b>Step 6</b>	: Dapatkan total daya real dan reaktif yang terinjeksi kedalam lateral dan menyakikan nilainya lagi sebagai suatu beban pada lateralnya
<b>Step7</b>	: Terapkan penyelesaian aliran daya pada lateral tersendiri lagi. Ika ada sublateral yang lain kembali ke Step 5 dan selesaikan bus jauh kedua pada lateral yang menyatakan sublateral. Selanjutnya pergi menuju step berikutnya.
<b>Step 8</b>	: Dapatkan total daya real dan reaktif yang terinjeksi kedalam lateral (gunakan data dari run aliran daya akhir) dan menyakikan nilainya lagi sebagai suatu beban pada penyulang utama.
<b>Step 9</b>	: Terapkan penyelesaian aliran daya pada penyulang utama. Ika ada lateral yang lebih kembali ke Step 4 dan selesaikan bus jauh kedua yang menyatakan lateral pada penyulang utama. Jika tidak, selanjutnya pergi menuju step berikutnya.
<b>Step 10</b>	: Dengan didapatkan tegangan-tegangan bus pada step terakhir, selesaikan setiap lateral dan sublateral (jika tersedia) secara tersendiri. Kemudian penyelesaian aliran daya dihasilkan.

#### 2.2.4 Aliran Daya Optimal Sistem Distribusi Radial

Aliran daya optimal ( *Optimal Power Flow – OPF*) telah digunakan secara luas dalam perencanaan dan operasi jaringan RDS. Modul OPF adalah suatu aliran daya inteligen yang menggunakan teknik-tenik untuk menyesuaikan tetapan-tetapan pengaturan jaringan RDS secara otomatis sampai penyelesaian aliran beban secara berurutan dan mengoptimalkan kondisi operasi dengan kendala-kendala yang spesifik. OPF adalah suatu problem pemrograman nonlinier statis yang mengoptimalkan suatu fungsi obyektif yang pasti sampai memenuhi penetapan fisik

dan kendala-kendala operasional yang dikenakan batasan-batasan peralatan jaringan distribusi listrik.

Rumusan standar problem OPF pada jaringan RDS telah dibahas secara detail oleh Dommel & Tinney, Venkatesh, Frank,dkk., Boucekara,dkk. dan Peng & Low, [214], [215], [125], [127],[253]. Secara umum, problem OPF adalah suatu dimensi besaran nonlinier dan problem optimasi dengan kendala yang tinggi. Standar problem OPF dapat ditulis dalam Persamaan ( 2.93 ) dan Persamaan ( 2.94 ).

$$\text{Minimum/Maximum fungsi obyektif} = F(x) \quad ( 2.93 )$$

$$\text{Kendala-kendala yang harus dipenuhi } h(x)=0 \text{ dan } g(x) \geq 0 \quad ( 2.94 )$$

Dimana  $F(x)$  adalah fungsi obyektif,  $h(x)$  adalah persamaan kendala dan  $g(x)$  adalah pertidaksamaan kendala. Dan  $x$  adalah *vector variable control* (seperti daya aktif dan reaktif bus penerima, magnitude tegangan bus pengirim, dan seterusnya). Esensi problem OPF terletak dalam menurunkan fungsi obyektif dan urutan untuk memenuhi persamaan aliran beban ( kendala kesamaan) tanpa melanggar kendala ketidaksamaan.

Tujuan OPF sistem jaringan distribusi radial adalah meminimumkan rugi-rugi saluran daya/energi aktif maupun reaktif hingga memperoleh profil tegangan yang ditetapkan oleh Venkantesh, [214]. Penyelesaian problem OPF memberikan kontribusi yang berarti untuk solusi Persamaan ( 2.93 ) sampai dengan Persamaan ( 2.94 ) timasi kinerja jaringan RDS melalui injeksi unit DG. Hal ini yang telah dilakukan oleh Sheng,dkk. dan Bouhouras, dkk., [126], [128].

Penangsang, dkk., OPF yang memiliki multi obyektif berbasis algoritma genetika diaplikasikan untuk meminimumkan emisi pembangkit dan biaya operasional unit-unit DG yang terintegrasi dalam jaringan RDS skala kecil (mikrogrid). OPF berbasis algoritma genetika mampu menyelesaikan persoalan optimasi secara optimal terhadap kondisi riil, [168].

### 2.2.5 Perencanaan Terkoordinasi Sistem Distribusi Radial

Sebuah titik awal perencanaan sistem jaringan distribusi radial adalah jaringan RDS yang dipengaruhi oleh beberapa faktor internal dan eksternal. Sekali performansi jaringan yang ada diidentifikasi selama periode perencanaan maka hal tersebut merupakan waktu untuk telah memulai prosedur perencanaan.

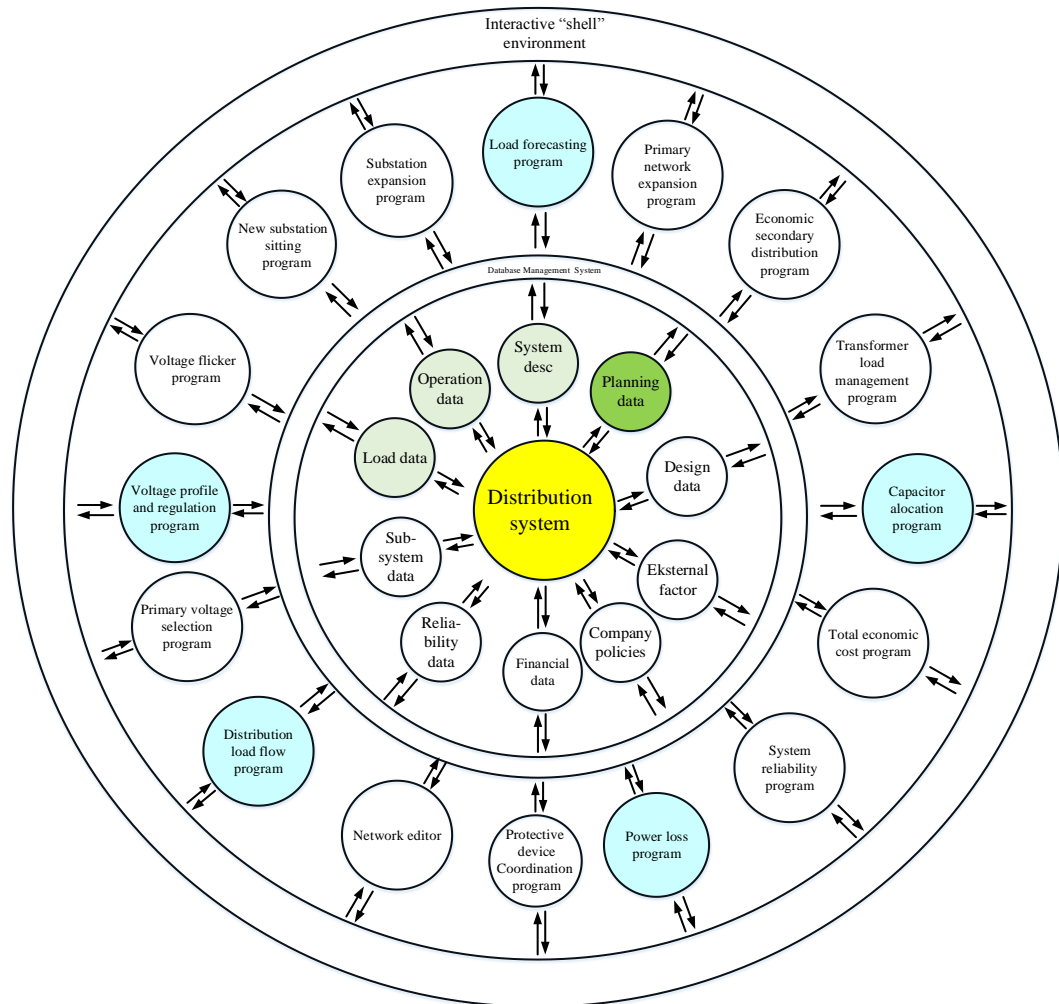
Tindakan-tindakan perencanaan meliputi penambahan, perubahan dan eliminasi komponen-komponen jaringan RDS. Tindakan perencanaan mencakup pembangunan saluran-saluran baru, penyeleksian dan penggantian saluran-saluran di permukaan maupun tertanam di tanah, pengantian kabel-kabel sesuai berbagai jenis konduktor, penyajian konfigurasi-konfigurasi alternatif jaringan, instalasi unit-unit DG, kapasitor bank, regulator-regulator tegangan dan sebagainya.

Menurut Gonen, prosedur perencanaan terkoordinasi terdiri dari beberapa langkah mulai dari identifikasi masalah untuk pengembangan dan keberhasilan pelaksanaan metode yang disarankan, [254]. Proses perencanaan terkoordinasi diformulasikan ke dalam lima tahapan sebagai berikut:

<b>Tahap-1</b>	:	Mengidentifikasi masalah: secara eksplisit mendefinisikan berbagai aplikasi dan batas-batasnya.
<b>Tahap-2</b>	:	Menentukan tujuan: apa tujuan yang ingin dicapai? Apa yang harus dioptimalkan?
<b>Tahap-3</b>	:	Mengidentifikasi alternatif penyelesaian: apa ada pilihan yang tersedia?
<b>Tahap-4</b>	:	Mengevaluasi alternatif : evaluasi semua pilihan atas dasar masukan.
<b>Tahap-5</b>	:	Memilih alternatif-alternatif terbaik: pilih opsi-opsi yang memenuhi tujuan terbaik.
<b>Tahap-6</b>	:	Membuat keputusan akhir berdasarkan hasil yang diperoleh pada tahap berikutnya.

Gonen juga telah merumuskan dasar perencanaan distribusi masa depan (*future nature of distribution planning*). Perumusan dasar perencanaan distribusi tersebut meliputi pentingnya peningkatan perencanaan yang bagus (*increasing importance of good planning*), dampak-dampak manajemen beban (*impacts of load management*), perbandingan biaya dan keuntungan dari inovasi (*cost/benefit ratio for innovation*), dan alat-alat perencanaan yang baru (*new planning tools*).

Semua komponen perumusan distribusi tersebut harus tercover dalam konsep database suatu sistem perencanaan distribusi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. View Skematik Suatu Sistem Perencanaan Distribusi, Gonen.

Pangkalan suatu sistem perencanaan distribusi harus cukup ketersediaan informasi tentang deskripsi sistem, data operasi, data beban, data desain dan data perencanaan. Semua itu dikelola oleh sistem manajemen basis data (*database management system*). Sistem manajemen basis data dapat digunakan untuk mengembangkan beberapa program untuk tujuan perencanaan, operasi dan optimasi sistem jaringan distribusi radial. Beberapa program yang dapat

dikembangkan meliputi program aliran daya distribusi (*distribution load flow program*) program rugi-rugi daya (*power loss program*), program penempatan kapasitor (*capacitor allocation program*), program pengaturan dan profil tegangan (*voltage profile and regulation program*) dan program peramalan beban (*load forecasting program*).

Seiring dengan perkembangan sistem perencanaan distribusi yang bertujuan penurunan rugi-rugi pada jaringan RDS dapat dilakukan melalui penempatan/alokasi DG yang bergantung pada ketersediaan sumber-sumber terdistribusi/tersebar. Sehingga sistem perencanaan distribusi harus cukup ketersediaan informasi tentang tujuan, penempatan, tingkatan DG, area pengiriman daya, teknologi, dampak lingkungan, mode operasi, kepemilikan dan penetrasi DG.

Gopiya Naik, dkk. telah melakukan *review state-of-art literature* pada operasional RDS melalui rekonfigurasi jaringan dengan menghadirkan unit-unit DG, [146]. Dari sisi perencanaan beserta aspek-aspeknya pada jaringan RDS telah dilakukan melalui penempatan dan penetapan ukuran DG yang optimal, perencanaan perluasan sistem distribusi dengan DG dan penempatan DG-Capacitor. Selain itu teknik-teknik optimasi yang pernah dilakukan ketika perencanaan dan operasi pada RDS ketika DG diintegrasikan.

Menurut Georgilakis & Hatziargyriou, perencanaan terkoordinasi (*Coordinated Planning-CP*) merupakan kegiatan sistem perencanaan distribusi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor dan penempatan DG, [52]. Ketiga kegiatan tersebut merupakan metode-metode untuk mereduksi rugi-rugi dalam jaringan distribusi. Hal yang menarik dari perencanaan terkoordinasi pada investigasi rekonfigurasi jaringan yang bersamaan penempatan DG, kapasitor dan peralatan-peralatan proteksi yang bergantung satu sama lain. Selain itu, pilihan-pilihan perencanaan tradisional (*Traditional Planning-TP*) yang meliputi penambahan dan perluasan garduk induk dan saluran-saluran yang seharusnya juga dipertimbangkan secara bersamaan. Begitu pula, CP dapat memberikan keuntungan-keuntungan maksimum bagi pemilik jaringan dan/atau pengguna jaringan. Begitu pula, CP mengevaluasi fisibilitas investasi DG dibandingkan dengan pilihan-pilihan TP yang lain. Hal ini diasumsikan bahwa investasi DG diikuti peraturan local.



Kontek perencanaan distribusi tenaga (*Power Distribution Planning-PDP*) memiliki tujuan utama untuk mendisain sistem distribusi yang dapat memenuhi secara tepat terhadap permintaan pertumbuhan beban secara ekonomi, handal dan cara yang aman. Hal ini CP dapat memenuhi tujuan PDP. Peranan CP adalah penempatan dan penetapan ukuran yang optimal kapasitor, DG dan sistem penyimpan energi terdistribusi, Georgilakis & Hatziargyriou [53].

Menurut Kalambe & Agnihotri, beberapa metode untuk mengurangi rugi-rugi daya melalui rekonfigurasi penyulang, penempatan kapasitor, tegangan tinggi sistem distribusi, penempatan unit-unit DG dan sebagainya, [2]. Sehingga secara tidak langsung kegiatan CP merupakan metode meminimumkan rugi-rugi daya jaringan RDS, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Dampak Kegiatan CP pada Jaringan RDS, [52].

Dampak Kegiatan CP	Penempatan Kapasitor Bank	Rekonfigurasi Jaringan	Penempatan Unit DG
Minimum rugi-rugi ( <i>loss minimization</i> )	✓	✓	✓
Kehandalan ( <i>reliability</i> )	✓	✓	
Penghematan biaya ( <i>cost saving</i> )	✓		
Pendukung tegangan ( <i>voltage support</i> )	✓	✓	✓
Sisi manajemen permintaan (Demand side Management)		✓	✓
Efek-efek sistem proteksi ( <i>Affects protection system</i> )		✓	✓
Tenaga hijau ( <i>green power</i> )			✓
Keseimbangan beban ( <i>load balancing</i> )		✓	✓

Dalam perencanaan terkoordinasi jaringan RDS, tujuan-tujuan harus dicapai dan sejumlah sasaran yang sesuai harus dioptimalkan. Atau dengan kata lain perencanaan terkoordinasi jaringan RDS pada dasarnya telah dinyatakan sebagai masalah optimasi multi-obyektif dimana fungsi tujuan meliputi investasi, biaya operasional, rugi-rugi daya saluran sistem yang berhubungan jaringan distribusi harus diminimalkan dan harus memenuhi kendala-kendala teknis yang terkait dengan karakteristik layanan listrik. Sehingga perencanaan terkoordinasi dapat meningkatkan kualitas daya listrik jaringan RDS.

Penelitian disertasi menitik beratkan CP untuk meningkatkan kualitas daya pada jaringan RDS. Ruang lingkup CP meliputi :

<b>CP# 1</b>	: Rekonfigurasi Jaringan
<b>CP# 2</b>	: Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG
<b>CP# 3</b>	: Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank
<b>CP# 4</b>	: Rekonfigurasi Jaringan - Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG.
<b>CP# 5</b>	: Rekonfigurasi Jaringan - Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank
<b>CP# 6</b>	: Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank - Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG
<b>CP# 7</b>	: Rekonfigurasi Jaringan - Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank - Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG.

Optimasi jaringan RDS skala besar adalah kegiatan kompleksitas yang luar biasa. Karena alternatif-alternatif yang layak secara teknis berbeda, teknik-teknik optimasi yang powerful harus digunakan, serta yang mengarah pada penghematan yang luar biasa untuk penggunaan tenaga listrik. Problem perencanaan terkoordinasi jaringan RDS adalah optimasi kompleks ekstrem yang terjadi pada ketergantungan pertumbuhan beban, jumlah variabel-variabel dan kendala-kendala yang besar serta sifat dinamis dari sistem distribusi.

Menurut Koutsoukis,dkk., peningkatan permintaan daya listrik akibat perkembangan teknologi, industri dan kebutuhan untuk memenuhi target energi bersih harus diimplementasikan sumber energi terbarukan. Perencanaan jaringan distribusi (*Distribution Network Planning-DNP*) merupakan solusi permasalahan yang signifikan dan kompleks, [255].

Tujuan utama dari masalah DNP adalah merancang jaringan RDS skala besar seperti memenuhi pertumbuhan permintaan beban secara tepat waktu, paling ekonomis, dapat diandalkan, dan seaman mungkin. Salah satu cara yang efektif dan efisien dalam perencanaan terkoordinasi jaringan RDS skala besar adalah meminimalkan rugi-rugi daya, deviasi tegangan melalui rekonfigurasi jaringan,

penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank dan penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran unit-unit DG dalam sistem distribusi.

#### **3.2.4.1 Rekonfigurasi Jaringan**

Sistem distribusi radial (*Radial Distribution System* – RDS) merupakan jaringan distribusi yang langsung terhubung dengan beban. Sehingga jaringan RDS sangat sensitif apabila terjadi perubahan atau penambahan beban. Akibat dari perubahan dan penambahan beban, arus yang mengalir pada sistem menjadi bertambah besar, sehingga mengakibatkan kerugian daya yang besar. Apabila penambahan beban terus-menerus terjadi, peralatan-peralatan sistem distribusi yang dipakai akan rusak dan kehandalan menurun. Oleh karena itu, suatu tindakan diperlukan untuk mengurangi kerugian daya. Salah satu cara yang digunakan adalah rekonfigurasi jaringan RDS.

Menurut Goswani & Basu, Taleski & Rajicic, Kashem,dkk., Wang & Cheng, Khodr,dkk., Bernardon,dkk., de Oliveira,dkk., Naveen,dkk., Nguyen & Truong, Fathabadi, Sultana,dkk., Abdelaziz dan Rao & Reddy, rekonfigurasi jaringan RDS adalah suatu cara untuk mengurangi kerugian daya pada jaringan distribusi serta untuk meningkatkan kehandalan sistem distribusi radial, [8], [54], [55], [56], [57], [58], [58], [59], [61], [62], [64], [67], [68], [69]. Cara untuk mengurangi kerugian daya dan meningkatkan kehandalan sistem adalah dengan mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan membuka dan menutup switch yang terdapat pada jaringan RDS. Sehingga arus yang mengalir pada jaringan RDS dapat diatur.

Dalam kondisi operasi normal sistem distribusi radial perlu dilakukan rekonfigurasi jaringan. Hal ini dapat mengurangi kerugian daya pada sistem dan mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (*load balancing*). Baran & Wu, sistem distribusi radial disuplai dari Gardu Induk - GI (*substation*) yang terbagi menjadi beberapa penyulang (*feeder*) menuju ke pelanggan listrik, [249]. Tipe penyulang yang digunakan adalah radial dimana antara penyulang yang satu dengan yang lain dapat dihubungkan dengan mengoperasikan *tie switch*. *Tie switch* dengan posisi terbuka

pada kondisi normal ini sangat berperan untuk proses rekonfigurasi jaringan sehingga rugi-rugi daya dapat berkurang. Jika suatu penyulang mengalami gangguan, daerah yang padam sementara dapat disuplai kembali secara cepat dengan membuat konfigurasi jaringan baru dengan mengoperasikan beberapa *tie switch*. Dalam jaringan distribusi tenaga listrik, mengubah status *tie switch* dari *Normally Open* (NO) ke *Normally Closed* (NC) atau sebaliknya merupakan perubahan struktur topologi dari jaringan distribusi. Prinsipnya, rekonfigurasi jaringan adalah mengatur ulang konfigurasi jaringan dengan cara membuka dan menutup switch pada jaringan RDS.

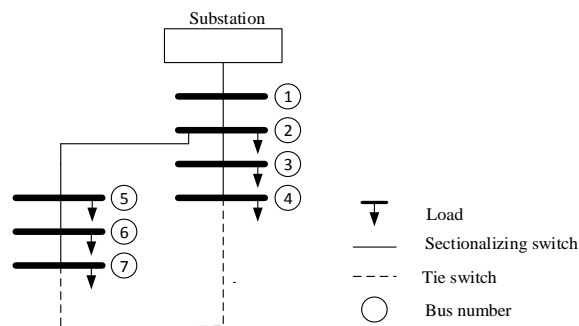
Simamora,dkk., telah menerapkan rekonfigurasi jaringan berbasis metode BPSO (*Binary Particle Swarm Optimization*). Rekonfigurasi jaringan telah dapat meminimumkan rugi-rugi daya jaringan RDS dengan mempertimbangkan kondisi pembebanan tidak seimbang dan berubah terhadap waktu, [170].

Rekonfigurasi jaringan merupakan upaya mengubah topologi jaringan dengan cara membuka atau menutup *sectionalizing* dan *tie switch* yang terdapat pada satu saluran penyulang (*feeder*). Cara ini bertujuan untuk mengurangi rugi-rugi daya yang ada pada saluran distribusi. Rekonfigurasi atau konfigurasi ulang jaringan memungkinkan sistem untuk dapat melayani beban yang sama namun dengan rugi-rugi daya yang lebih sedikit serta mencegah adanya ketidakseimbangan beban pada jaringan sistem distribusi radial.

Pada dasarnya, rekonfigurasi jaringan merupakan permasalahan mengenai optimasi kombinatorial dimana kemungkinan kombinasi terbaik dengan cara membuka atau menutup dari *sectionalizing* dan *tie switch* yang harus ditemukan sehingga fungsi tujuan (*objective function*) dapat diminimalkan dengan tidak melanggar batasan-batasan (*constraints*) yang ditetapkan. Tujuan umum dilakukannya rekonfigurasi jaringan adalah untuk mengurangi rugi-rugi daya (*power losses*) dan mengurangi deviasi tegangan (*voltage deviation*). Konfigurasi ulang jaringan memungkinkan sistem untuk melayani beban yang sama untuk memperoleh beban dengan rugi-rugi daya yang lebih rendah dalam sistem distribusi radial. Hal ini juga dapat menurunkan kelebihan beban dalam jaringan dan mencegah adanya ketidakseimbangan beban. Konfigurasi ulang jaringan adalah cara yang efektif untuk meningkatkan kualitas daya dalam sistem distribusi radial

dan meningkatkan keandalan tegangan listrik di sisi pengguna. Jaringan distribusi listrik dibangun sebagai jaringan yang saling berhubungan dan menyatu. Namun, jaringan tersebut diatur untuk beroperasi menjadi radial. Konfigurasi tersebut dapat bervariasi dengan operasi pensaklaran (*switching*) manual atau otomatis sehingga semua beban dapat terlayani dan dapat mengurangi daya yang hilang.

Untuk mendapatkan rekonfigurasi jaringan yang paling optimal digunakan konsep pertukaran cabang (*branch exchange*). *Branch exchange* merupakan cara yang paling mudah diterapkan pada jaringan sistem distribusi radial. Jika *tie switch* tertutup, maka akan ada loop yang terbentuk sehingga harus ada saluran dengan *sectionalizing switch* yang dibuka untuk mengembalikan sistem ke bentuk radial (seperti terlihat pada Gambar 2.11).



Gambar 2.11. Model Rekonfigurasi Jaringan RDS.

Pada kenyataannya, *sectionalizing switch* dalam jaringan distribusi memiliki jumlah yang sangat banyak, sehingga kemungkinan kombinasi konfigurasi jaringan juga sangat banyak sesuai dengan banyaknya switch dalam jaringan tersebut. Sebagian besar metode yang digunakan untuk melakukan rekonfigurasi jaringan ini adalah menggunakan metode pendekatan berdasarkan teori evolusi atau *heuristic* dan jarang sekali dilakukan secara analitik.

#### 3.2.4.2 Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG pada Jaringan RDS

Menurut Hedayati,dkk. dan Ackerman,dkk., penempatan unit-unit DG sangat beragam dan secara umum berada pada sisi jaringan RDS, [80], [221]. Definisi penempatan unit-unit DG adalah

*Definition the location of DG. The location of distributed generation is defined as the installation and operation of electric power generation units connected directly to the distribution network or connected to the network on the customer site of the meter.*

Tinjauan Gozel,dkk., Kamel & Kermanshahi dan Dasan,dkk., penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG memberikan pengaruh aliran daya dan kondisi tegangan pada beban-beban jaringan RDS. Unit-unit DG harus handal, ekonomis, ukuran dan penempatan sesuai kebutuhan. Tujuannya adalah mengurangi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan pada jaringan RDS, [79], [81], [224].

Secara umum, teknik-teknik penempatan dan penentuan ukuran unit DG digunakan dalam sistem interkoneksi dimana sumber-sumber terdistribusi tersedia. Sumber-sumber terdistribusi tersedia tersebut bisa berupa sumber energi terbarukan dan nonterbarukan (seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 sampai Tabel 2.3).

Menurut Georgilakis & Hatziargyriou, formulasi matematika yang diterapkan dalam penempatan DG secara optimal ( *Optimal Distributed Generation Placement – ODGP*), [52]. Formulasi matematika tersebut meliputi :

##### ➤ Pernyataan Permasalahan Umum - ODGP

Permasalahan ODGP secara khusus adalah penentuan lokasi-lokasi dan ukuran-ukuran unit-unit DG secara optimum yang diinstalasi kedalam jaringan RDS yang sudah ada. Dimana kendala-kendala (constraints) kegiatan ODGP terdiri dari operasi jaringan RDS, operasi unit-unit DG dan investasi. ODGP merupakan suatu permasalahan optimisasi nonlinier integer gabungan kompleks.

#### ➤ Fungsi Obyektif - ODGP

Fungsi obyektif ODGP bisa berbentuk fungsi tunggal obyektif (*single-objective function*) atau fungsi jamak obyektif (*multi-objective function*). Fungsi tunggal obyektif –ODGP meliputi 1) meminimumkan rugi-rugi daya total sistem (*minimization of the total power loss of the system*); 2) meminimumkan rugi-rugi energi (*minimization of energy losses*); 3) meminimumkan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*); 4) meminimumkan biaya; 5) meminimumkan deviasi tegangan; 6) memaksimumkan kapasitas unit DG; 7) memaksimumkan profit; 8) memaksimumkan keuntungan/rasio biaya ( *benefit/cost ratio*); dan 9) memaksimumkan batas tegangan pembebanan (misalnya memaksimumkan pembebanan yang bisa dipasok oleh sistem distribusi tenaga sementara tegangan pada semua simpul (*bus*) tetap berada dalam batas-batasnya).

Formulasi fungsi jamak obyektif- ODGP dapat diklasifikasikan sebagai berikut : 1) fungsi jamak obyektif dengan pembobotan (*multiobjective funtions with weights*), dimana formulasi jamak obyektif ditransformasikan kedalam suatu fungsi tunggal obyektif menggunakan penjumlahan bobot dari setiap individu obyektif ; 2) goal multiobjective index, dimana formulasi jamak obyektif ditransformasikan kedalam suatu fungsi tunggal obyektif menggunakan metode goal programming; 3) formulasi jamak obyektif mempertimbangkan lebih dari satu tujuan yang sering kontras dan memilih solusi kompromi terbaik dalam serangkaian solusi-solusi yang layak (*a set of feasible solutions*).

#### ➤ Jumlah Unit DG- ODGP

Jumlah unit DG dalam ODGP tergantung yang diinstalasi pada jaringan RDS. Jumlah unit DG dalam permasalahan ODGP diklasifikasikan sebagai : 1) DG tunggal (*single DG*) atau 2) DG lebih dari satu (*multiple DG*) yang terinstalasi.

#### ➤ Variabel-variabel Unit DG- ODGP

Variabel desain tidak diketahui (*unknowns*) dihitung secara manual untuk masing-masing unit DG meliputi 1) penempatan (*location*); 2) penetapan/penentuan ukuran (*sizing*); 3) penempatan dan penetapan/penentuan ukuran (*location and size*); 4) penetapan/penentuan jenis/tipe, penempatan dan

penetapan/penentuan ukuran (*type, location and size*); 5) penetapan/penentuan jumlah, penempatan dan penetapan/penentuan ukuran (*number, location and size*); 6) penetapan/penentuan jumlah, penetapan/penentuan tipe, penempatan dan penetapan/penentuan ukuran (*number, type, location and size*). Tipe-tipe DG mengacu pada teknologi DG (seperti yang ditunjukkan pada pada Tabel 2.1 sampai Tabel 2.3).

#### ➤ Variabel-variabel Beban - ODGP

Profil beban yang dimodelkan dalam ODGP sebagai : 1) *one-load level*; 2) *multi-load level*; 3) *time-varying*; 4) *probabilistic*; dan 5) *fuzzy*. Beban dapat didistribusikan sepanjang saluran-saluran jaringan, atau terkonsentrasi pada bus-bus jaringan. Dalam kasus beban terkonsentrasi, alternatif pemodelan yang ada berikut : 1) daya konstan (*constant power*); 2) variabel daya yang bergantung pada besarnya tegangan bus; 3) *probabilistik*; dan 4) *fuzzy*.

#### ➤ Teknologi Unit DG - ODGP

Unit DG bisa berupa perangkat yang berputar (mesin sinkron atau asinkron) yang langsung digabungkan ke jaringan RDS, atau perangkat rotasi atau statis dihubungkan melalui konverter-konverter elektronik. Saat unit DG terhubung ke jaringan RDS, teknologi DG ini memiliki dampak yang berbeda pada operasi, kontrol, dan stabilitas pada jaringan tersebut. Dengan demikian, dampak-dampak pada jaringan RDS dari teknologi unit DG ini mempengaruhi penentuan/penetapan ukuran dan penempatan unit DG yang optimal.

#### ➤ Kendala-kendala (*constraints*) Unit DG - ODGP

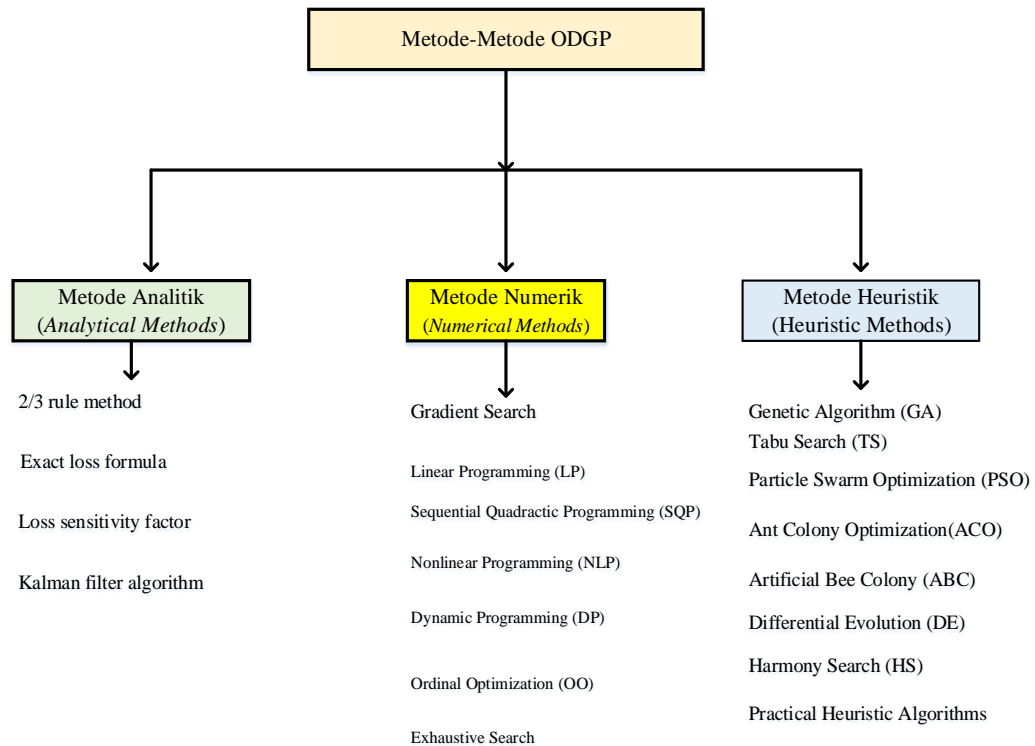
Kendala-kendala yang paling umum dalam formulasi ODGP adalah 1) kendala-kendala persamaan aliran daya (*power flow equality constraints*); 2) batas-batas drop tegangan atau tegangan bus (*bus voltage or voltage drop limits*); 3) batas-batas kapasitas atau overload transformator atau saluran (*line or transformer overloading or capacity limits*). Selain itu, kendala-kendala berikut telah dipertimbangkan dalam beberapa model ODGP: 4) batas distorsi tegangan harmonik total; 5) batas tingkat sirkuit pendek; 6) kendala-kendala



keandalan(misalnya, maks SAIDI); 7) batas pembangkit tenaga listrik, 8) batas anggaran, 9) DG dengan faktor daya konstan; 10) batas penetrasi DG; 11) jumlah DGs maksimum; 12) bus terbatas untuk pemasangan DG; dan 13) ukuran diskrit dari unit-unit DG.

#### ➤ Metode-metode (*methods*) - ODGP

Metode-metode yang diaplikasikan dalam ODGP ada 3, yaitu 1) Metode-metode analitik; 2) Metode-metode numerik; dan 3) Metode-metode heuristik. Metode-metode ODGP ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Metode-Metode ODGP.

Metode-metode analitik diaplikasikan pada penetapan/penentuan jumlah, penetapan/penentuan tipe, penempatan dan penetapan/penentuan ukuran (*number, type, location and size*) unit-unit DG. Metode-metode analitik mudah diimplementasikan dan cepat eksekusinya. Metode-metode numerik diterapkan

untuk mengoptimalkan pada penetapan/penentuan jumlah, penetapan/penentuan tipe, penempatan dan penetapan/penentuan ukuran pada unit-unit DG. Metode-metode numerik lebih efisien dalam penentuan global optimum dalam penyelesaian pemrograman linier maupun nonlinier terutama sistem skala besar pada jaringan RDS. Metode-metode heuristic biasanya handal (*robust*) dan menghasilkan penyelesaian dekat optimal terhadap permasalahan-permasalahan ODGP yang kompleks.

### 3.2.4.3 Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank pada Jaringan RDS

Menurut Devabalaji, dkk., saat ini jumlah konsumen dalam jaringan RDS semakin meningkat, permintaan listrik dan jumlah penempatan kapasitor bank juga meningkat, [116]. Penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank yang tidak tepat menyebabkan berkurangnya manfaat sistem.

---

#### ➤ Kapasitor Bank (*bank capacitor*)

---

Menurut Short, kapasitor bank memberikan manfaat luar biasa pada kinerja jaringan RDS, [223]. Yang paling mencolok, kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya, membebaskan kapasitas, dan mengurangi drop tegangan. Kapasitor bank pada jaringan RDS bisa berada pada gardu induk dan penyulang. Kapasitor bank pada gardu induk dan kapasitor bank pada penyulang keduanya memiliki kegunaan masing-masing (seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5). Kapasitor bank pada penyulang/pengumpan berada lebih dekat ke beban dimana kapasitor bank mendekati beban yang lebih efektif melepaskan kapasitas, memperbaiki profil tegangan, dan mengurangi rugi-rugi saluran jaringan. Hal ini berlaku terutama pada penyulang/pengumpan yang panjang yang memiliki rugi-rugi saluran dan penurunan drop tegangan yang cukup besar. Telah terlihat kegunaan kapasitor bank pada penyulang memberikan banyak keuntungan namun ada kendala pada penempatan dan penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank yang optimal. Oleh sebab itu, penempatan dan penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank menjadi salah satu tekanan dalam perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Menurut Shuaib,dkk., kapasitor bank merupakan komponen kompensator yang memiliki banyak fungsi. Fungsi kapasitor bank adalah untuk memperbaiki faktor daya, mengurangi rugi-rugi daya (*power losses*) dan pengatur tegangan, [74]. Kapasitor bank bekerja dengan cara mengkompensasi daya reaktif pada jaringan sistem distribusi.

Tabel 2.5. Substation vs. Feeder Capacitors, [223].

Advantages	Disadvantages
<b>Feeder Capacitors</b>	
Reduces line losses	More difficult to control reliably
Reduces voltage drop along the feeder	Size and placement important
Frees up feeder capacity	
Lower cost	
<b>Substation Capacitors</b>	
Better control	No reduction in line losses
Best placement if leading vars are needed for system voltage support	No reduction in feeder voltage drop
	Higher cost

#### ➤ Penempatan dan Penentuan/Penetapan Ukuran Kapasitor Bank

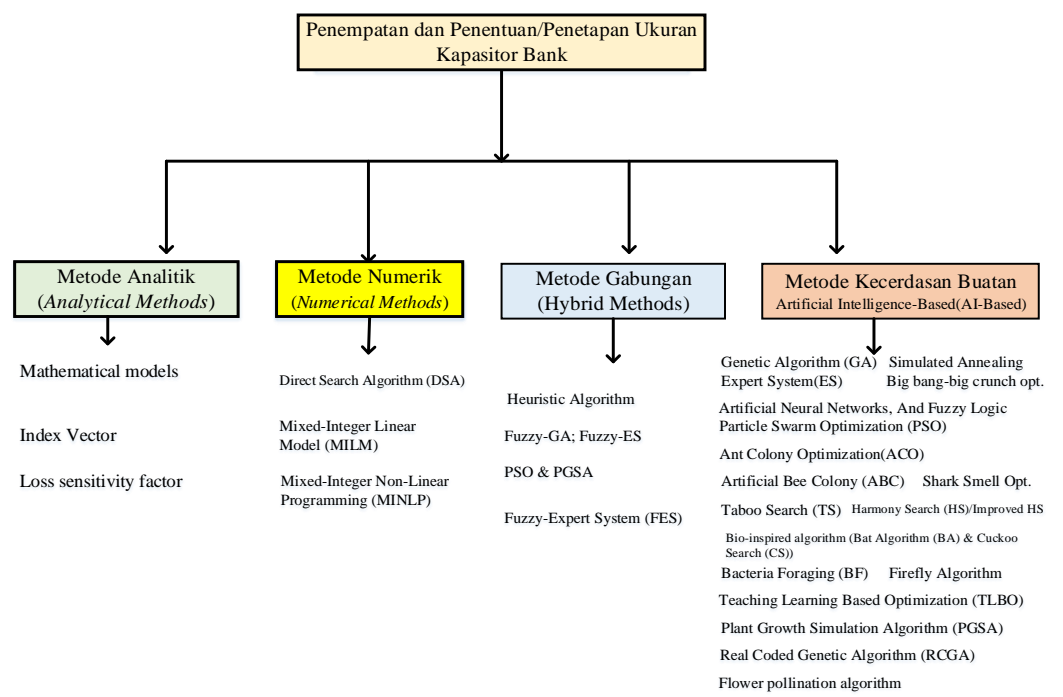
Menurut Kalambe, dkk., pengurangan rugi-rugi saluran di jaringan RDS dapat digunakan teknik penempatan dan penentuan ukuran kapasitor bank dan lebih layak diterapkan pada sistem distribusi tegangan tinggi (*high voltage – HV*), [2]. Penerapan kapasitor bank pada jaringan RDS dapat digunakan untuk: 1.) kontrol aliran daya; 2.) peningkatan stabilitas; 3.) manajemen profil tegangan; 4.) koreksi faktor daya; dan 5.) reduksi rugi-rugi daya dan rugi-rugi energi. Kapasitor bank adalah sumber daya reaktif dan dapat mengurangi reaktansi induktif dari pembebanan saluran jaringan RDS. Sehingga penempatan dan penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi reaktif.

Beberapa peneliti (seperti : Carpinelli,dkk.; Szuvovivski,dkk.; Abul'Wafa; Injeti,dkk.; Shuaib,dkk.; Abdelaziz,dkk.; Ali,dkk.; Azevedo,dkk.; dan Gnanasekaran,dkk. ) telah melakukan pekerjaan yang jelas dalam teknik penempatan dan penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank untuk pengendalian tegangan dan setelah itu digunakan untuk meminimalkan rugi-rugi jaringan RDS, [70], [71], [72], [73], [74], [75], [76], [77], [78]. Tantangan utama dalam teknik penempatan dan penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank adalah: 1.) pemilihan jumlah unit kapasitor bank yang sesuai; 2.) alokasi kapasitor bank; dan 3.) ukuran kapasitor bank untuk mencapai hasil yang dibutuhkan meliputi pengurangan rugi-

rugi daya jaringan, pengaturan tegangan, dan pengontrolan aliran daya pada jaringan RDS.

➤
Metode-Metode Penempatan dan Penentuan/Penetapan Ukuran Kapasitor Bank

Metode-metode yang diaplikasikan dalam penempatan dan penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank ada 3, yaitu 1) Metode-metode analitik; 2) Metode-metode numerik; 3) Metode-metode hybrid; dan 4) Metode-metode kecerdasan buatan. Metode-metode penempatan dan penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank ditunjukkan pada Gambar 2.13.

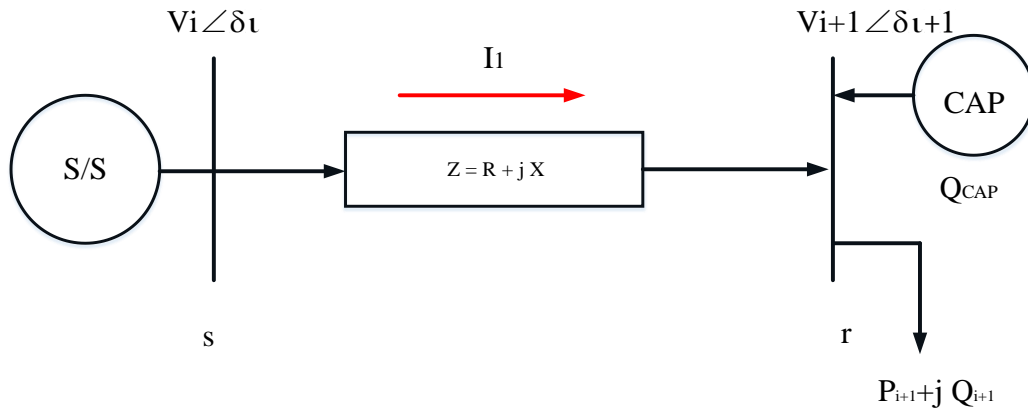


Gambar 2.13. Metode-Metode Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank.

➤
Formulasi Integrasi Kapasitor Bank pada Jaringan RDS

Formulasi integrasi kapasitor bank pada jaringan RDS disajikan dalam diagram saluran tunggal dari simpul sumber (source (s) bus) menuju simpul penerima (*receiver (r) bus*) seperti yang ditunjukkan pada

Gambar 2.14. diasumsikan bahwa jaringan RDS adalah seimbang, simpul pertama sebagai simpul sumber atau simpul gardu induk (sub-station) dan unit kapasitor bank dihubungkan pada simpul sumber tanpa ada beban. Semua saluran jaringan RDS diwakili sebagai saluran pendek dan kerentanan pengisian setengah saluran pada saluran sistem distribusi dapat diabaikan karena tegangan tingkat rendah tidak seperti pada sistem transmisi.



Gambar 2.14. Instalasi Kapasitor Bank pada Saluran Tunggal Jaringan RDS.

Didefinisikan  $Q_{CAP}$  adalah daya reaktif yang diinjeksi kapasitor bank pada jaringan RDS. Sehingga total injeksi daya reaktif pada simpul  $i + 1$  adalah

$$Q_{inj} = Q_{i+1} - Q_{CAP} \quad (2.95)$$

Tegangan pada simpul penerima (*receiver bus*) adalah

$$|V_{i+1}|^2 - |V_i||V_{i+1}| - (P_{i+1}^2 + Q_{i+1}^2)^{1/2} * (R_i^2 + X_i^2) = 0 \quad (2.96)$$

Sustitusi Persamaan ( 2.95 ) ke Persamaan ( 2.96 ) didapatkan

$$|V_{i+1}|^2 - |V_i||V_{i+1}| - (P_{i+1}^2 + Q_{inj}^2)^{1/2} * (R_i^2 + X_i^2) = 0 \quad (2.97)$$

Penyelesaian yang memenuhi Persamaan ( 2.97 ) adalah

$$|V_{i+1}| = \frac{|V_i| \pm (|V_i|^2 - 4(P_{i+1}^2 + Q_{inj}^2)^{1/2} (R_i^2 + X_i^2))^2}{2} \quad (2.98)$$

Menurut Injeti,dkk., penempatan dan penentuan/penetapan ukuran unit-unit kapasitor yang optimal pada jaringan RDS menghasilkan beberapa keuntungan, [73]. Diantara keuntungan tersebut meliputi pengurangan rugi-rugi daya saluran, memperbaiki profil tegangan dan faktor daya, dan seterusnya. Rugi-rugi daya saluran ketika unit kapasitor bank dihubungkan pada simpul  $i + 1$  jaringan RDS adalah

$$P_{Loss(i,i+1)}^{CAP} = \frac{(P_{i+1}^2 + Q_{inj}^2)}{|V_{i+1}|^2} * R \quad (2.99)$$

$$P_{Loss(i,i+1)}^{CAP} = \frac{(P_{i+1}^2 + (Q_{i+1} - Q_{CAP})^2)}{|V_{i+1}|^2} * R_i \quad (2.100)$$

$$P_{Loss(i,i+1)}^{CAP} = R_i \frac{(P_{i+1}^2 + Q_{i+1}^2)}{|V_{i+1}|^2} + \frac{Q_{CAP}^2 - 2Q_{i+1}Q_{CAP}}{|V_{i+1}|^2} * R_i \quad (2.101)$$

Penurunan rugi-rugi daya dalam jaringan RDS ( $\Delta P_{Loss}^{CAP}$ ) adalah perbedaan antara rugi-rugi daya sebelum dan sesudah yang diinjeksi kapasitor bank pada jaringan RDS.

$$\Delta P_{Loss}^{CAP} = \frac{Q_{CAP}^2 - 2Q_{i+1}Q_{CAP}}{|V_{i+1}|^2} * R_i \quad (2.102)$$

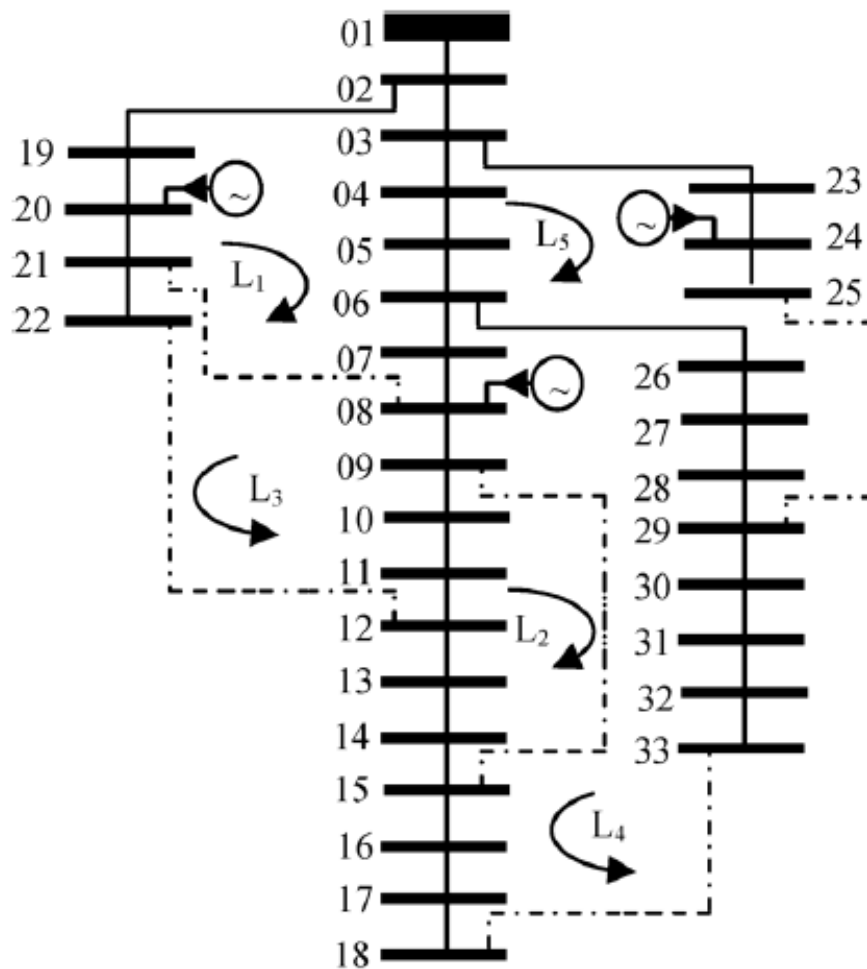
Tanda positif (+) pada ( $\Delta P_{Loss}^{CAP}$ ) mengindikasikan bahwa rugi-rugi daya dalam jaringan RDS menurun akibat instalasi unit kapasitor bank.

#### 3.2.4.4 Rekonfigurasi Jaringan – Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG

Menurut Rao,dkk., rugi-rugi daya jaringan RDS tidak akan minimum jika konfigurasi jaringan yang tetap untuk seluruh alasan pada kondisi beban-beban yang berubah, [171]. Sehingga ada suatu kebutuhan rekonfigurasi jaringan dari waktu ke waktu. Secara umum, jaringan-jaringan RDS direkonfigurasi untuk mereduksi rugi-rugi daya aktif dan menghindari beban berlebih (*overload*) dalam jaringan tersebut. Namun, karena sifat beban yang dinamis, total beban jaringan RDS lebih banyak daripada kapasitas pembangkitannya yang membuat pembebanan beban pada penyulang tidak memungkinkan. Oleh karena itu profil tegangan sistem tidak akan ditingkatkan ke tingkat yang dipersyaratkan. Untuk memenuhi tingkat permintaan beban yang dipersyaratkan, unit-unit DG diintegrasikan dalam jaringan RDS. Sehingga dampak integrasi unit DG dapat memperbaiki profil tegangan, menyediakan catu daya yang andal dan tidak terputus serta untuk mencapai keuntungan ekonomi seperti rugi-rugi daya minimum, efisiensi energi dan perataan beban. Sampai saat ini, rekonfigurasi jaringan dan penempatan unit-unit DG di jaringan RDS dianggap independen. Namun, dalam metode yang diusulkan, rekonfigurasi jaringan dan pemasangan unit-unit DG ditangani secara simultan untuk meminimalkan rugi-rugi dan profil voltase yang lebih baik. Gambaran awal rekonfigurasi jaringan dan pemasangan unit-unit DG ditunjukkan pada Gambar 2.15. Kondisi awal dari performaansi jaringan RDS dapat dilihat dari hasil simulasi aliran daya pada kondisi keadaan tunak.

Kondisi awal jaringan RDS menunjukkan rekonfigurasi jaringan akan dilakukan pada beberapa simpul yang terhubung 5 open tie switched (L1, L2, L3, L4 dan L5). Penempatan/alokasi unit-unit DG dilakukan pada beberapa simpul yaitu

simpul 8, simpul 20 dan simpul 24. Setelah itu jaringan RDS dilakukan simulasi rekonfigurasi jaringan dan pemasangan unit-unit DG baik secara berurutan dan bersamaan akan diperoleh beberapa perubahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15.

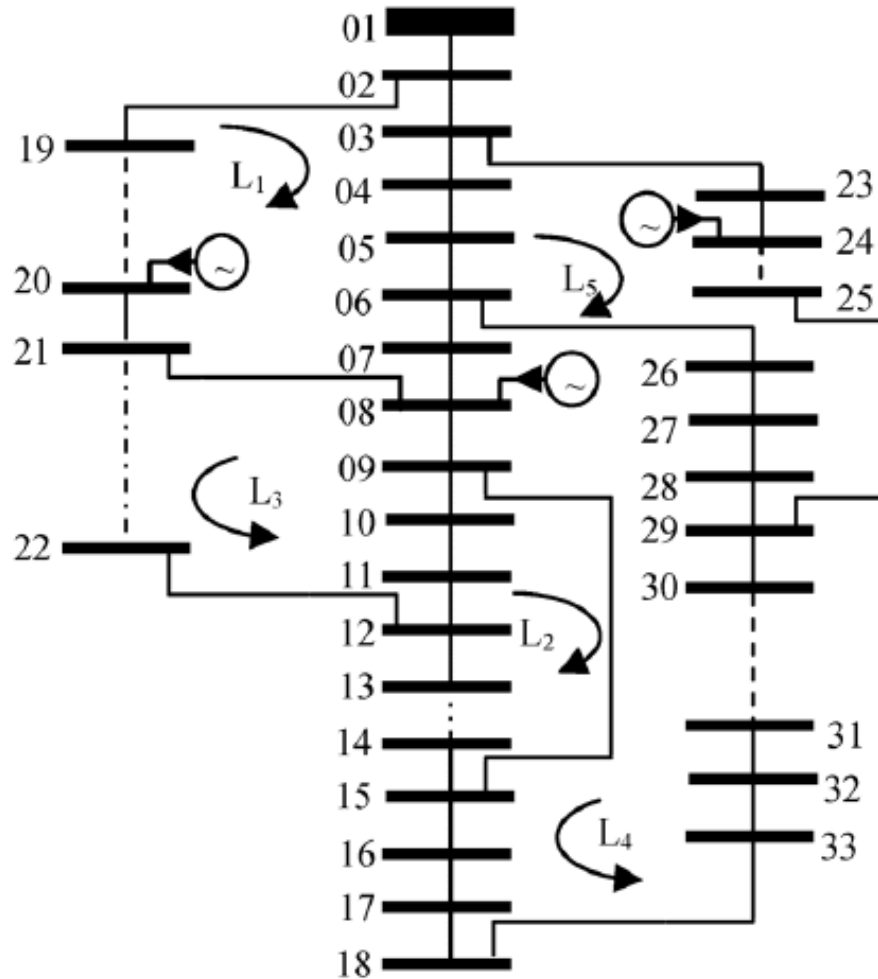


Gambar 2.15. Kondisi Awal Jaringan RDS Sebelum Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan Unit-Unit DG.

Terlihat kondisi perubahan jaringan RDS setelah konfigurasi ulang jaringan dan pemasangan unit-unit DG yang tetap. Posisi 5 open tie switched (L1, L2, L3, L4 dan L5) mengalami perubahan sehingga jaringan RDS perlu dievaluasi kembali apa sudah memenuhi kebutuhan perencanaan yang ditetapkan. Jika kebutuhan tersebut belum terpenuhi selanjutnya jaringan RDS dilakukan kembali konfigurasi ulang jaringan dan pemasangan unit-unit DG sampai tercapainya kondisi optimal.



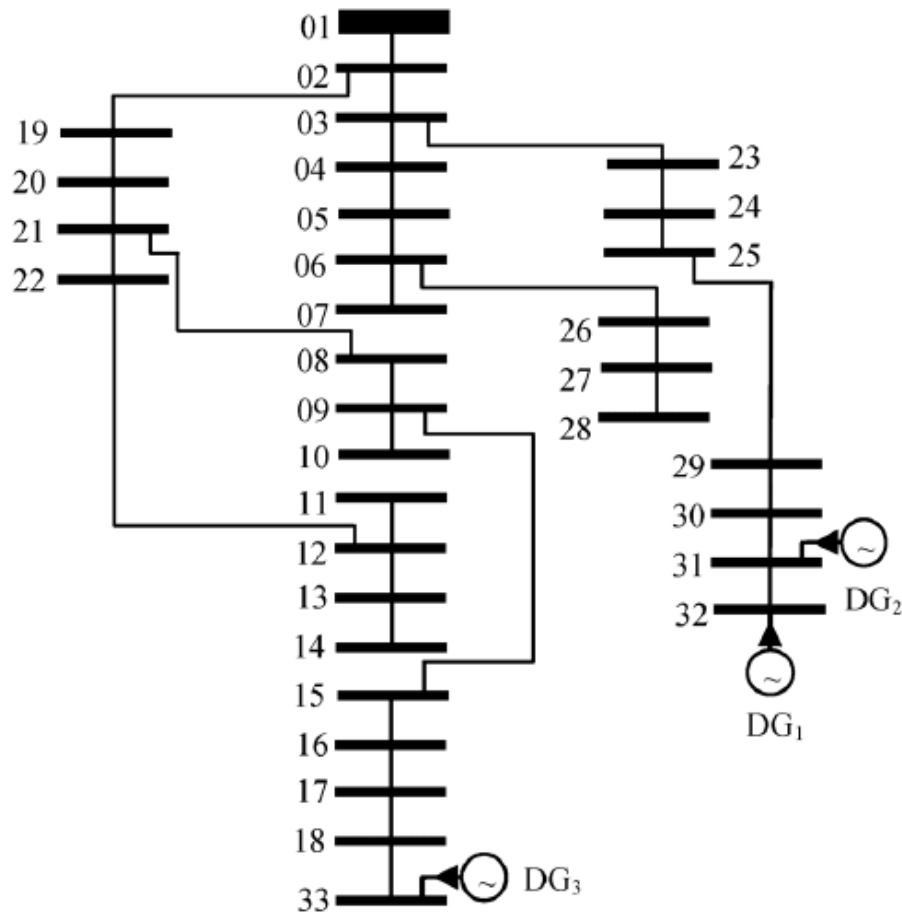
Gambar 2.16 menunjukkan kondisi optimal jaringan RDS jika dibandingkan dengan kondisi-kondisi sebelumnya.



Gambar 2.16. Kondisi Perubahan Jaringan RDS Setelah Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan Unit-Unit DG.

Kondisi optimal jaringan RDS terpenuhi ketika rekonfigurasi jaringan dan pemasangan unit-unit DG dilakukan secara bersamaan (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.17). Hal ini dilakukan atas dasar kondisi-kondisi sebelumnya yang dilakukan rekonfigurasi jaringan dan pemasangan unit-unit DG secara berurutan tidak dapat menghasilkan capaian yang ditetapkan. Capaian ditetapkan mengacu pada penyelesaian aliran daya secara optimal dengan fungsi obyektif yang dirumuskan serta batasan-batasan/kendala-kendala yang tidak dilanggar/terpenuhi.

Penyelesaian aliran daya optimal dapat diformulasikan dengan beberapa metode mulai dari matematik/analitik, pendekatan numerik dan pendekatan heuristik.



Gambar 2.17. Kondisi Optimal Jaringan RDS Setelah Rekonfigurasi Jaringan dan Pemasangan Unit-Unit DG.

Rosseti, dkk. menyajikan sebuah metodologi untuk penempatan/alokasi unit-unit DG optimal yang terkait dengan rekonfigurasi optimal pada jaringan RDS untuk meminimalkan rugi-rugi daya, [172]. Suatu alternatif menarik untuk mengurangi rugi-rugi daya di jaringan RDS adalah penempatan/alokasi unit-unit DG. Unit-unit DG berukuran memadai ditempatkan di lokasi yang tepat dapat memberikan banyak manfaat bagi pengoperasian sistem distribusi, termasuk pengurangan rugi-rugi daya. Rekonfigurasi jaringan adalah pilihan lain untuk pengurangan rugi-rugi daya jaringan RDS. Mengingat ukuran jaringan RDS skala menengah dan besar, pencarian solusi optimal untuk penempatan/alokasi unit-unit

DG dengan rekonfigurasi jaringan adalah masalah yang sangat kompleks. Metodologi yang dikembangkan adalah mengusulkan sebuah strategi yang efisien berdasarkan *Combined Heuristic Constructive Algorithm* (CHCA) yang mempertimbangkan radialitas jaringan dan batasan konektivitas.

CHCA yang diusulkan bertujuan untuk menggabungkan keuntungan-keuntungan dari alokasi/penempatan unit-unit DG dengan opsi-opsi rekonfigurasi jaringan untuk pengurangan rugi-rugi teknis sistem distribusi listrik (*Electrical Distribution System-EDS*). Diagram alir CHCA digambarkan pada Gambar 2.18. CHCA disimulasikan dalam beberapa step. Setiap step merupakan sebuah proses yang harus dipenuhi. Step 1 sampai step 8 menggambarkan proses mulai identifikasi sistem sampai alokasi/penempatan unit-unit DG dengan opsi-opsi rekonfigurasi jaringan.

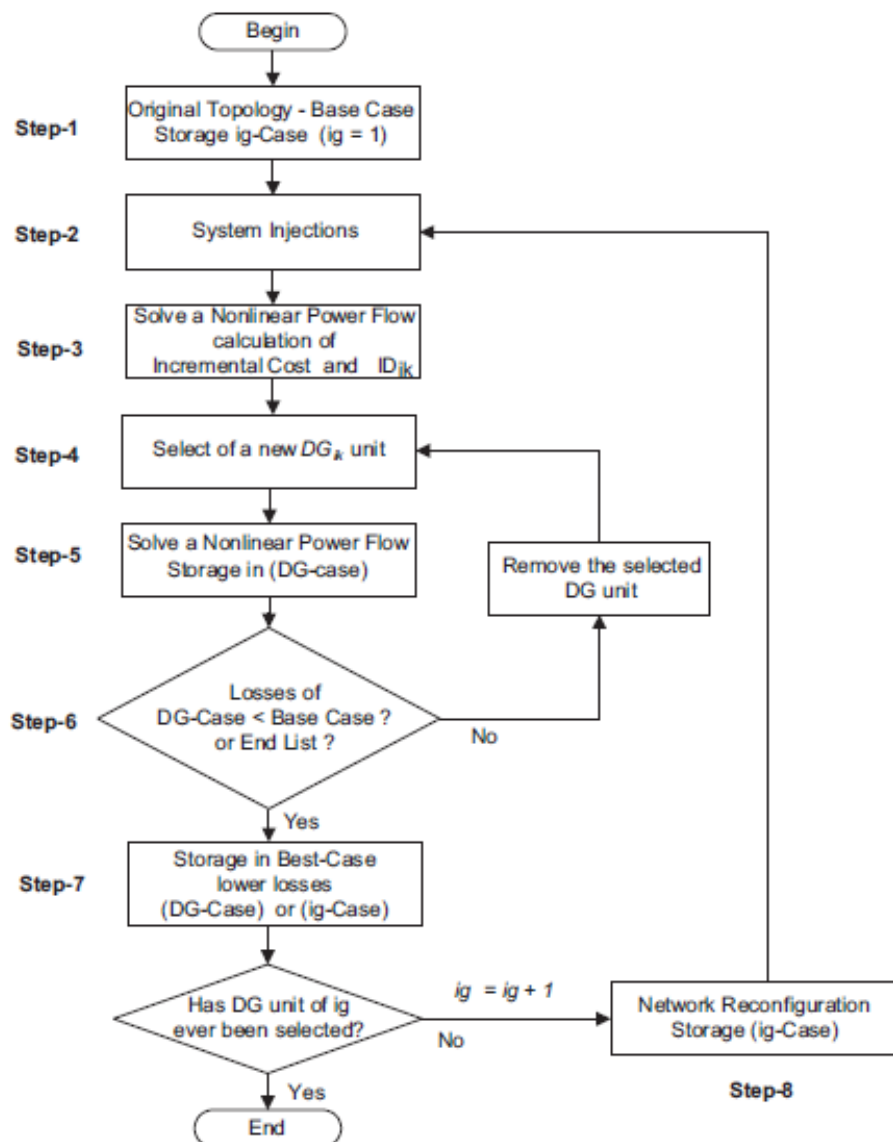
Imran, dkk. telah menyajikan teknik integrasi baru untuk rekonfigurasi jaringan yang optimal dan penempatan unit-unit DG dalam jaringan RDS dengan tujuan meminimalkan rugi-rugi daya dan peningkatan stabilitas tegangan, [173]. Kebaharuannya adalah telah diusulkan algoritma *fireworks optimization* yang baru dikembangkan untuk memecahkan konfigurasi ulang sistem jaringan RDS bersama dengan penempatan/alokasi unit-unit DG untuk permasalahan minimisasi rugi-rugi daya dan peningkatan stabilitas tegangan.

Taher dan Karimi telah menyelidiki konfigurasi ulang penyulang pada jaringan RDS yang seimbang dan tidak seimbang dan menyajikan suatu metode yang efisien untuk mengoptimalkan sistem distribusi secara praktis melalui rekonfigurasi dan alokasi unit-unit DG secara bersamaan (*simultaneous*), [174].

Algoritma aliran daya yang tepat dan kuat diterapkan dan suatu komposisi gabungan fungsi multi-objective diformulasikan untuk memecahkan masalah yang meliputi: 1. Penghematan rugi-rugi daya, 2. Profil tegangan, 3. Ketidakseimbangan tegangan, dan 4. Ketidakseimbangan sistem saat ini.

### 3.2.4.5 Rekonfigurasi Jaringan – Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank pada Jaringan RDS

Sistem distribusi listrik direncanakan sebagai jaringan mesh yang saling berhubungan. Namun umumnya sistem distribusi listrik dioperasikan dalam struktur radial. Masalah konfigurasi jaringan RDS adalah menemukan struktur operasi radial yang mengoptimalkan kinerja jaringan RDS sambil memenuhi kendala operasi.



Gambar 2.18. Diagram Alir CHCA, [172].

Dalam kondisi normal, operator cenderung mengurangi rugi-rugi daya sistem dan menyeimbangkan pembebanan antara transformer dan pengumpan/penyulang. Rekonfigurasi jaringan dan penetapan ukuran kapasitor bank telah banyak digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan untuk mempertahankan profil tegangan dalam jaringan RDS yang diperbolehkan.

Instalasi kapasitor bank bisa menjadi strategi menarik untuk mengurangi aliran daya reaktif melalui jaringan RDS, sehingga mengurangi drop tegangan dan rugi-rugi daya aktif. Beberapa keuntungan lainnya dapat diperoleh dengan alokasi kapasitor bank yang sesuai, seperti kapasitas pengumpan/penyulang yang dilepaskan, kapasitas gardu induk distribusi yang dilepas, dan keuntungan finansial akibat perbaikan tegangan dan pengurangan rugi-rugi daya. Strategi lain yang bisa digunakan adalah rekonfigurasi jaringan. Rekonfigurasi jaringan terdiri dari memodifikasi topologi jaringan dengan mengubah status switch saklar sectionalizing (*normally closed*) dan saklar tie line (*normally open*). Biasanya, rekonfigurasi jaringan digunakan untuk isolasi kesalahan dan load balancing antar pengumpan/penyulang.

Umumnya, kapasitor bank biasanya digunakan untuk memberikan kompensasi daya reaktif dalam sistem distribusi. Kapasitor bank-kapasitor bank digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan mempertahankan profil tegangan dalam batas-batas yang dapat diterima. Manfaat kompensasi sangat tergantung pada bagaimana kapasitor bank diletakkan dalam sistem, khususnya pada lokasi dan ukuran penambahan kapasitor bank dalam sistem distribusi. Meskipun penempatan kapasitor dan rekonfigurasi jaringan memiliki hubungan kopling yang melekat, sebagian besar studi sebelumnya penempatan kapasitor telah ditangani tanpa rekonfigurasi jaringan atau rekonfigurasi jaringan telah ditangani tanpa penempatan kapasitor.

Prosedur-prosedur rekonfigurasi penyulang dan alokasi/penempatan kapasitor bank pada jaringan RDS merupakan alternatif yang menarik untuk pengurangan rugi-rugi teknis dalam sistem distribusi. Permasalah rekonfigurasi penyulang terdiri dari penentuan secara radial dan yang terhubung topologi jaringan, melalui definisi keadaan-keadaan saklar (*switch*) beroperasi (terbuka atau tertutup). Perangkat-peangkat pensaklaran (*switching*) meliputi: (i) saklar-saklar

*sectionalizing* atau *normally closed* (NC) ; (ii) saklar-saklar *tie* atau *normally terbuka* (NO). Permasalahan alokasi kapasitor bank melibatkan penempatan dan penentuan jenis, ukuran dan jumlah kapasitor bank ketika kapasitor bank dibutuhkan untuk dipasang pada jaringan RDS.

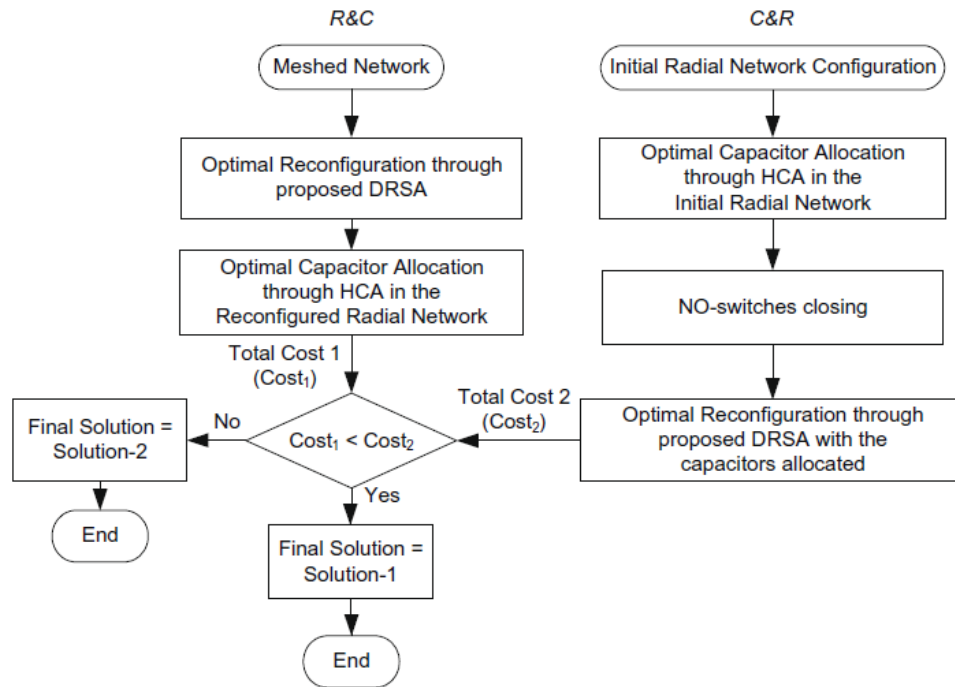
Ada dua strategi umum untuk pengurangan rugi-rugi teknis dalam jaringan RDS: (a) pemasangan kapasitor bank untuk mengkompensasi rugi-rugi daya yang dihasilkan oleh arus-arus reaktif; dan (b) redefinisi topologi jaringan RDS dengan mengubah keadaan beberapa saklar-saklar *sectionalizing* untuk menyeimbangkan beban. Kedua strategi tersebut dapat diformulasikan sebagai masalah optimasi kombinatorial.

Menurut Kalantar & Dashti, ada banyak cara untuk mengurangi rugi-rugi daya aktif jaringan RDS, [181]. Dua metode penting adalah reconfiguration penyulang (feeder) dan penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank. Chang menyajikan algoritma baru untuk memecahkan masalah konfigurasi penyulang secara optimal, masalah penempatan/alokasi kapasitor bank yang optimal, dan masalah kombinasi keduanya, [182]. Algoritma baru tersebut adalah *Ant Colony Search Algorithm* (ACSA). Manfaat ACSA adalah kemampuan pencarian dan pengoptimalan secara paralel. Metode ini terinspirasi oleh pengamatan perilaku koloni semut.

De Oliveira, dkk. telah menyajikan sebuah algoritma untuk rekonfigurasi yang terkait dengan penempatan/ alokasi kapasitor bank untuk meminimalkan rugi-rugi daya pada jaringan RDS yang mempertimbangkan tingkat-tingkat beban yang berbeda, [183]. Algoritma ini menggambarkan sebuah metodologi untuk rekonfigurasi yang optimal dan alokasi kapasitor bank dengan mempertimbangkan kurva beban harian yang ditunjukkan oleh sejumlah tingkat beban tertentu. Algoritma yang diusulkan juga untuk rekonfigurasi mempertimbangkan kondisi awal topologi meshed dan melakukan pembukaan berurutan (sekuensial) switch, sampai konfigurasi radial secara optimal diperoleh.

Pendekatan bersama ini mempertimbangkan dua metode dengan pendekatan R & C dan pendekatan C & R seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19. Kedua pendekatan tersebut terdiri dari solusi alternatif dari algoritma rekonfigurasi (*Distribution Solutions of the Reconfiguration Algorithm*-DSRA) dan

algoritma alokasi kapasitor (*Hybrid Capacitor Algorithm*-HCA). Dalam prosedur R & C, rekonfigurasi sistem distribusi dilakukan terlebih dahulu melalui DSRA, dari konfigurasi *meshed*. Setelah rekonfigurasi, masalah alokasi kapasitor dipecahkan melalui HCA.



Gambar 2.19. Diagram Alir Pendekatan R & C dan Pendekatan C & R, [59].

Dalam prosedur C & R, alokasi kapasitor pada topologi radial asli sistem distribusi dipecahkan terlebih dahulu melalui HCA. Setelah solusi masalah ini selesai, *tie switches* ditutup dan algoritma DSRA diterapkan untuk rekonfigurasi dari topologi *meshed*.

Menurut Farahani,dkk., suatu algoritma optimasi bersama diusulkan untuk menggabungkan metode rekonfigurasi jaringan dan penempatan kapasitor bank yang telah ditingkatkan pada perencanaan dan operasi jaringan RDS, [184]. Oleh karena itu algoritma optimasi bersama dapat menghasilkan pengurangan rugi-rugi daya maksimum diperoleh pada jaringan RDS. Oleh karena itu algoritma optimasi bersama yang diusulkan untuk kombinasi penempatan kapasitor dan rekonfigurasi jaringan yang lebih baik. Karena penerapan penempatan kapasitor atau rekonfigurasi jaringan secara sendiri dapat mereduksi rugi-rugi daya dan tidak

bisa mendapatkan hasil solusi yang lebih baik. Algoritma genetika diskrit digunakan untuk algoritma pengoptimalan bersama yang diusulkan.

Kasaei & Gandomkar memperkenalkan algoritma koloni semut (*an ant colony algorithm*) untuk memecahkan rekonfigurasi jaringan secara optimal dan permasalahan penempatan kapasitor bank untuk mereduksi rugi-rugi daya dan peningkatan profil tegangan di jaringan RDS, [185]. Hasil-hasil komputasional menunjukkan bahwa dengan memperhitungkan rekonfigurasi penyulang dan penempatan kapasitor secara bersamaan (*simultaneously*) telah dapat meminimalkan rugi-rugi daya secara lebih efisien dengan mempertimbangkannya secara terpisah.

Guimaraes, dkk. menyajikan sebuah pendekatan untuk rekonfigurasi penyulang dan penempatan optimal serta penentuan ukuran bank kapasitor secara tetap dan otomatis dalam jaringan RDS, [186]. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan rugi-rugi daya aktif dan meningkatkan profil tegangan melalui Algoritma genetika berbasis Chu dan Beasley yang dimodifikasi dan disesuaikan (CBGA).

Madeiro, dkk. telah mengusulkan sebuah pendekatan baru berdasarkan *Genetic Algorithm* (GA) untuk menyelesaikan kedua strategi yaitu *Capacitor Placement Problem* (CPP) dan *Network Reconfiguration Problem* (NRP) secara simultan, [187]. Pendekatan strategi baru ini memanfaatkan dua teknik yang sebelumnya diusulkan dan teknik-teknik independen untuk CPP dan NRP. Kinerja pendekatan baru dibandingkan dengan kinerja kedua teknik yang diusulkan sebelumnya yang diterapkan secara terpisah. Eksperimen melalui simulasi menunjukkan bahwa metode baru ini lebih efisien mengenai metrik pengurangan rugi-rugi daya dan peningkatan profil tegangan.

Rezaei, dkk., penempatan kapasitor dan rekonfigurasi dipecahkan secara bersamaan untuk meminimalkan dua fungsi objektif dengan algoritma *harmony search* (HS). Fungsi tujuan pertama adalah rugi-rugi daya yang mempertimbangkan sudut pandang operasional, dan yang kedua adalah total biaya dalam tahap perencanaan jangka menengah dan jangka panjang. HS adalah algoritma metaheuristik yang kuat dan relatif baru untuk mengatasi masalah optimasi dengan variabel kontinu dan diskrit, [188].



Faharani,dkk., algoritma optimasi bersama diusulkan untuk menggabungkan metode rekonfigurasi jaringan dan penempatan kapasitor bank yang lebih baik, [189]. Oleh karena itu pengurangan rugi-rugi daya maksimum, algoritma genetika diskrit (GA) digunakan untuk mengoptimalkan lokasi dan ukuran kapasitor bank dan urutan seleksi loop. Sebenarnya, ukuran kapasitor bank telah dianggap sebagai variabel diskrit. Simulated annealing (SA) juga diterapkan untuk membandingkan kinerja konvergensi.

Esmaeilian & Fadaeinedjad, rekonfigurasi jaringan dan penempatan kapasitor bank secara bersamaan digunakan untuk meningkatkan efisiensi sistem dalam suatu permasalahan optimasi multi-obyektif fuzzy, [190]. Fungsi multi fungsi obyektif fuzzy diformulasikan dalam '*Problem formulation*'. Penerapan algoritma binary gravitational search algorithm (BGSA) digunakan untuk memecahkan rekonfigurasi jaringan dan permasalahan alokasi kapasitor bank. BGSA digambarkan sebagai metode efektif untuk mengatasi masalah optimasi multi obyektif.

Menurut Sedighizadeh, dalam sistem distribusi, rekonfigurasi jaringan dan penempatan kapasitor bank biasanya digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan menjaga profil tegangan dalam batas yang dapat diterima, [191]. *Hybrid Shuffled Frog Leaping Algorithm* (HSFLA) telah digunakan untuk mengoptimalkan jaringan RDS yang seimbang dan tidak seimbang menggunakan rekonfigurasi jaringan dan penempatan kapasitor bank. Akurasi yang tinggi dan konvergensi yang cepat adalah keuntungan utama dari pendekatan yang diusulkan mengenai hasil penyelesaian rekonfigurasi multi-obyektif dan penempatan kapasitor bank dalam kerangka fuzzy.

#### **3.2.4.6 Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG – Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank pada jaringan RDS**

Secara praktis semua peralatan sistem tenaga listrik dirancang untuk beroperasi pada tegangan yang spesifik yang berada dalam range tegangan. Jika tegangan dilanggar dari range tegangan yang ditetapkan, hal itu dapat membahayakan peralatan sistem distribusi dan menyebabkan efek penuaan pada peralatan. Jadi tegangan bus yang fixed sangat diperlukan. Mengenai permasalahan

yang disebutkan penggunaan kapasitor bank untuk mengurangi rugi-rugi daya, memperbaiki profil tegangan dan penggunaan kapasitas maksimal saluran distribusi bisa sangat bermanfaat. Karena kapasitor bank menghasilkan daya reaktif, kapasitor bank memperbaiki profil tegangan pada bus-bus jaringan. Unit-unit DG menghasilkan atau menyimpan listrik dalam skala kecil serta dekat dengan beban jaringan. Dan unit-unit DG memberikan kemungkinan untuk membeli atau menjual listrik ke jaringan listrik. Selain itu unit-unit DG bisa juga ditempatkan di beberapa posisi pada jaringan RDS, sementara itu unit-unit DG tidak bisa mengakses ke jaringan utama secara langsung.

Jaringan RDS yang biasanya dioperasikan pada tegangan rendah terhubung ke sistem transmisi dengan tegangan tinggi dan akhirnya memberi daya kepada pelanggan pada tegangan rendah. Total rugi-rugi daya pada jalur jaringan RDS adalah tinggi karena tegangan rendah dan arus tinggi dibandingkan dengan jaringan tegangan tinggi, yang pada gilirannya menyebabkan kenaikan biaya listrik dan buruknya profil tegangan sepanjang penyulang distribusi. Total rugi-rugi daya pada jalur jaringan RDS terdiri dari dua bagian: rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif. Rugi-rugi terbentuk disebabkan terjadi pada aliran karena arus komponen aktif yang dibutuhkan oleh beban dan yang kemudian disebabkan oleh arus komponen reaktif arus yang dibutuhkan untuk mengkompensasi kebutuhan daya reaktif dari komponen-komponen jaringan dan oleh karena itu tegangan sistem dikendalikan.

Di antara rugi-rugi tersebut, efek dari rugi-rugi daya aktif sangat penting karena daya aktif mengurangi efisiensi transfer daya dan memburuknya profil tegangan. Minimalisasi rugi-rugi daya aktif di jaringan RDS sangat penting dibandingkan dengan sistem transmisi. Fungsi reduksi rugi-rugi daya dan peningkatan efisiensi energi sistem pengiriman tenaga listrik sebagian besar masuk ke distribusi tenaga listrik. Dilaporkan bahwa sebanyak 13% dari total daya yang dihasilkan terbuang dalam bentuk rugi-rugi daya pada tingkat distribusi. Kapasitas saluran radial seringkali terbatas, oleh karena itu, perlu mempertimbangkan beberapa metode alternatif sehingga permintaan beban masa depan dapat diberikan untuk memastikan kualitas daya dan keandalan pasokan.

Untuk memastikan kualitas daya dalam jaringan RDS, tegangan bus harus dijaga dalam batas-batasnya. Kapasitor bank dipasang di sepanjang penyulang distribusi dapat mengurangi drop tegangan. Selain itu, unit-unit DG dapat memperbaiki profil tegangan jaringan RDS sekaligus memberi daya aktif sesungguhnya. Lokasi-lokasi unit-unit DG dan kapasitor bank berperan penting dalam menjaga profil tegangan.

Penempatan/alokasi dan penentuan/penetapan ukuran secara optimal dari unit-unit DG dan kapasitor bank pada jaringan RDS untuk tujuan meminimalkan rugi-rugi daya aktif. Hal ini masih menggambarkan banyak perhatian pada utilitas tenaga listrik di masa sekarang. Beberapa manfaat yang khusus dari minimisasi rugi-rugi daya meliputi: pengurangan aliran daya pada saluran-saluran pengumpan, melepaskan tekanan pada pembebanan penyulang, dan selanjutnya meningkatkan waktu hidupnya, menambah kesempatan untuk penggunaan fasilitas yang ada untuk memenuhi permintaan beban yang meningkat, penghindaran daya yang dibeli dari jaringan dan juga biaya perangkat-perangkat kompensasi rugi-rugi, pengurangan tagihan pelanggan, dll.

Menurut Kalantari & Kazemi, penempatan kapasitor bank dan unit-unit DG dalam jaringan RDS melalui algoritma genetika dapat mengurangi rugi-rugi daya aktif dan reaktif dan memperbaiki profil tegangan. Penempatan unit-unit DG dan kapasitor bank dilakukan secara bersamaan dalam tes sistem jaringan RDS. Hasil-hasilnya menunjukkan adanya penurunan rugi-rugi daya dan peningkatan profil tegangan yang signifikan dengan adanya unit-unit DG dan kapasitor bank, [195].

Menurut Wang & Zhong, dua model optimasi diusulkan untuk mendapatkan penempatan unit-unit DG dan kapasitor bank secara optimal untuk menjaga profil tegangan yang lebih baik dalam jaringan RDS. Pertama, masalah penempatan DG optimal diformulasikan sebagai masalah aliran daya optimal yang dimodifikasi (OPF-modified), dengan representasi matematis yang inovatif dari pengoptimalan profil tegangan. Kemudian masalah penempatan kapasitor optimal dimodelkan dan dipecahkan, [196].

Mohapatra, dkk. telah menyajikan pendekatan meta-heuristik berdasarkan algoritma *Differential Evolution* (DE) untuk penempatan unit-unit DG dan kapasitor bank secara optimal pada jaringan RDS. Tujuannya adalah untuk

mengetahui ukuran yang sesuai dan penempatan unit-unit DG serta kapasitor bank dalam sistem uji. Selain itu tujuannya adalah untuk meminimalkan rugi-rugi daya total sembari memenuhi kendala operasional seperti deviasi tegangan dan batas-batas aliran saluran jaringan RDS, [197].

Naik,dkk., sebuah metode yang didasarkan pada pendekatan analitis untuk alokasi optimal (penempatan dan penentuan/penetapan ukuran ) unit-unit DG dan kapasitor bank dengan tujuan untuk meminimalkan total rugi-rugi daya aktif yang dikenakan pada batasan-batasan kesamaan dan ketidaksemaan dalam jaringan RDS. Selain itu tujuan tersebut juga mempertimbangkan alokasi optimal unit-unit DG dan kapasitor bank mengingat unit-unit DG juga mampu memasok daya reaktif disamping daya aktif, [198].

#### ➤ Formulasi Permasalahan

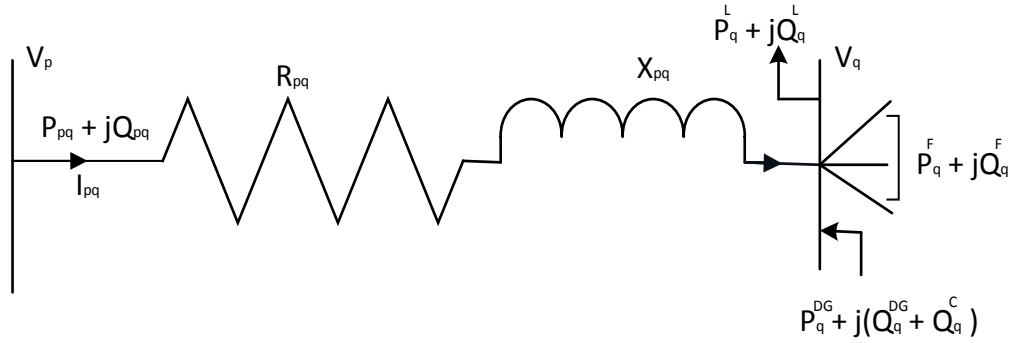
Permasalahan gabungan alokasi unit-unit DG dan kapasitor bank dalam jaringan RDS dengan ukuran komponen-komponen tersebut yang sesuai sangat penting, karena alokasi yang tidak tepat menyebabkan peningkatan rugi-rugi daya sistem dan biaya-biaya operasi, pengurangan efisiensi energi.

#### ➤ Penetapan Fungsi Obyektif

Tujuan utama dari gabungan alokasi kedua komponen tersebut adalah untuk meminimalkan total rugi-rugi daya aktif (PLOSS) pada kondisi beban puncak pada jaringan RDS seperti yang diberikan pada Persamaan ( 2.107 ), terpenuhi pada batasan-batasan kesamaan dan ketidaksamaan dalam Persamaan ( 2.103 ), Persamaan ( 2.104 ), Persamaan ( 2.105 ) dan Persamaan ( 2.108 ) – Persamaan ( 2.112 ). Selama alokasi unit-unit DG, tegangan pada berbagai bus harus dijaga pada batas yang tepat untuk pengoperasian sistem distribusi daya yang aman dan andal serta arus yang mengalir pada saluran konduktor harus berada dalam batas yang diijinkan.

Perhatikan sebuah cabang yang terhubung antara simpul p dan q dari jaringan RDS seperti ditunjukkan pada Gambar 2.20. Aliran daya aktif dan reaktif melalui cabang dan tegangan simpul (q) (mengabaikan konduktansi dan kerentanan

shunt) diberikan oleh Persamaan ( 2.103 ) - Persamaan ( 2.105 ), masing-masing sebagai berikut :



Gambar 2.20. Model Cabang yang Terhubung Antara Simpul p dan Simpul q.

$$P_{pq} = P_q^F + P_q^L - P_q^{DG} + \frac{R_{pq}}{V_p^2} (P_{pq}^2 + Q_{pq}^2) \quad (2.103)$$

$$Q_{pq} = Q_q^F + Q_q^L - Q_q^{DG} - Q_q^C + \frac{X_{pq}}{V_p^2} (P_{pq}^2 + Q_{pq}^2) \quad (2.104)$$

$$V_q^2 = P_p^2 - 2(P_{pq}R_{pq} + Q_{pq}X_{pq}) + \frac{R_{pq}^2 + X_{pq}^2}{V_p^2} (P_{pq}^2 + Q_{pq}^2) \quad (2.105)$$

di mana

$$P_q^F = \sum_{\forall j|l=q} P_{ij} \text{ dan } Q_q^F = \sum_{\forall j|l=q} Q_{ij}$$

Disini  $P_{pq}(Q_{pq})$  adalah aliran-aliran daya aktif (reaktif) pada ujung pengiriman;  $R_{pq}(X_{pq})$  resistansi (reaktansi) secara seri;  $P_q^{DG} = Q_q^{DG}$  adalah daya aktif (reaktif) injeksi dari unit-unit DG;  $Q_q^C$  adalah daya reaktif injeksi dari kapasitor bank;  $P_q^L(Q_q^L)$  adalah total beban permintaan aktif(reaktif) pada simpul q,  $P_q^F(Q_q^F)$  adalah penjumlahan aliran daya aktif(reaktif) yang melalui semua cabang-cabang ujung terhubung dengan simpul q.  $V_q$  adalah besar tegangan pada simpul q.  $S_B$  adalah satu kumpulan bus berisi semua bus di sistem. Nilai arus yang mengalir

melalui cabang yang terhubung antara simpul p dan simpul q diberikan Persamaan ( 2.106 ).

$$I_{pq} = \sqrt{\frac{P_{pq}^2 + Q_{pq}^2}{V_p^2}} \quad ( 2.106 )$$

Secara matematika, fungsi obyektif diberikan Persamaan ( 2.107 ) sebagai berikut :

$$MinP_L = \sum_{\forall p,q | pq \in S_B} I_{pq}^2 R_{pq} \quad ( 2.107 )$$

#### ➤ Formulasi Batasan-Batasan

Fungsi obyektif di atas terpenuhi pada serangkaian batasan-batasan/kendala-kendala kesamaan dan ketidaksamaan seperti yang diberikan di bawah ini:

#### ▪ Kendala-kendala kesamaan

- Keseimbangan daya: Aliran daya aktif dan reaktif di semua cabang sistem harus memenuhi masing-masing. Persamaan ( 2.103 ) dan Persamaan ( 2.104 )
- Persamaan tegangan: Untuk semua cabang-cabang sistem, besaran tegangan pada simpul akhir pengiriman dan penerimaan harus memenuhi Persamaan ( 2.105 ).
- Faktor daya unit-unit DG: Faktor daya unit-unit DG yang terhubung pada simpul q harus memenuhi Persamaan ( 2.108 ).

$$\frac{P_q^{DG}}{\sqrt{(P_q^{DG})^2 + (Q_q^{DG})^2}} = \cos \varphi_q \quad ( 2.108 )$$

▪ **Kendala-kendala ketidaksamaan**

- Tegangan bus: Tegangan pada setiap bus harus berada dalam batas yang ditentukan dan harus memenuhi Persamaan ( 2.109 ).

$$V_q^{\min} \leq V_q \leq V_q^{\max} \quad q \in S_B \quad (2.109)$$

- Arus arus: Aliran arus melalui masing-masing cabang tidak boleh melebihi batas termalnya dan harus memenuhi Persamaan ( 2.110 ).

$$I_{pq} \leq I_{pq}^{rated} \quad \forall p \in S_B \text{ dan } q \in S_B \quad (2.110)$$

- Kapasitas unit-unit DG: Kapasitas unit-unit DG tidak boleh melebihi prosentase tertentu dari total beban pengumpulan/penyulang jaringan dan harus memenuhi Persamaan ( 2.111 ).

$$\sum_{q \in S_B} \sqrt{(P_q^{DG})^2 + (Q_q^{DG})^2} \leq 0.5 \times \sqrt{(P_q^L)^2 + (Q_q^L)^2} \quad (2.111)$$

- Kapasitas kapasitor bank : Kapasitas kapasitor bank tidak boleh melebihi total daya reaktif jaringan dan harus memenuhi Persamaan ( 2.112 ).

$$\sum_{q \in S_B} Q_q^C \leq 1.0 \times \sum_{q \in S_B} Q_q^L \quad (2.112)$$

Dimana  $V_q^{\min} = V_q^{\max}$  adalah masing-masing nilai-nilai minimum dan maksimum dari tegangan pada bus q (yaitu 0,95 - 1,05 p.u.).  $I_{pq}^{rated}$  adalah batas termal cabang antara simpul p dan q.  $\cos \phi_q$  adalah faktor daya DG pada simpul ke-q.

#### **3.2.4.7 Rekonfigurasi Jaringan – Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG – Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank pada Jaringan RDS**

Penempatan lokasi pembangkit energi listrik jauh dari beban konsumen yang dihubungkan dengan jalur penyulang yang panjang menyebabkan rugi-rugi daya semakin bertambah pada jaringan RDS. Pengurangan rugi-rugi daya dapat dicapai dengan mengkonfigurasi ulang topologi jaringan yang ada dan melalui pemasangan / instalasi kapasitor bank tetap (konstan) / berubah-ubah (variabel) dan integrasi unit-unit DG di dekat beban-beban konsumen di jaringan RDS.

Rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank, dan penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG adalah opsi yang lebih murah untuk ekspansi jaringan RDS. Studi tentang penggunaan secara simultan, rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank yang optimal, dan penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG secara optimal hanya terbatas pada investigasi hanya dua tujuan, tanpa memperhatikan konflik di antara tujuan sistem.

Rekonfigurasi jaringan RDS, alokasi kapasitor bank yang optimal, dan alokasi unit-unit DG adalah tiga teknik yang diadaptasikan untuk pengurangan rugi-rugi daya aktif. Teknik-teknik ini tidak hanya mengendalikan rugi-rugi daya tapi juga memperbaiki profil tegangan jaringan RDS, dan meningkatkan kehandalan dan keamanan sistem distribusi.

Ketika rekonfigurasi jaringan itu sendiri tidak cukup untuk meningkat kapasitas sistem, biasanya digunakan bersama dengan alternatif peningkatan kapasitas lainnya, seperti penempatan kapasitor bank dan penempatan unit-unit DG. Penempatan kapasitor setelah rekonfigurasi jaringan mungkin tidak diperlukan "dalam beberapa kondisi". Namun, rekonfigurasi jaringan dan *Optimal Placement Capacitor* (OCP) secara bersamaan, biasanya dilakukan dalam perencanaan. Hal ini bisa menghasilkan peningkatan kinerja sistem lebih lanjut, jika dibandingkan dengan hanya melakukan rekonfigurasi sistem.

Kendala investasi unit-unit DG yang mahal biasanya ditunda bahkan dihindari dalam perencanaan dan operasi jaringan RDS. Padahal instalasi unit-unit DG yang langsung diumpankan ke beban bisa menanggulangi kemacetan jaringan



RDS. Karena manfaat ini, instalasi unit-unit DG sering digunakan bersamaan dengan rekonfigurasi jaringan untuk mencapai peningkatan kinerja jaringan RDS lebih lanjut. Rekonfigurasi dan integrasi unit-unit DG secara bersamaan menawarkan pengurangan rugi-rugi daya dan perbaikan profil tegangan lebih lanjut, dibandingkan dengan kasus dimana hanya dilakukan rekonfigurasi jaringan atau integrasi unit-unit DG secara sendirian.

Penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank juga telah digabungkan ke dalam rencana peningkatan sistem distribusi bersamaan dengan penempatan & penentuan ukuran unit-unit DG. Unit-unit DG bersumber energi terbarukan, seperti DG bertenaga angin, memerlukan pasokan daya reaktif untuk beroperasi, dan kapasitor bank dapat membantu unit-unit DG tersebut dengan menyediakan daya reaktif yang diperlukan untuk unit-unit DG tersebut di atas. Kombinasi kapasitor bank dan unit-unit DG ditempatkan dan dialokasikan secara tepat dan signifikan dapat mengurangi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan jaringan RDS, terutama sistem distribusi skala besar. Selain rugi-rugi daya dan profil tegangan, keandalan sistem juga ditingkatkan dengan kombinasi tersebut.

Padahal banyak saling menguntungkan bisa diraih dengan kombinasi dari dua dari tiga pilihan yaitu *network reconfiguration* (NR), *optimal capacitor placement* (OCP), dan *optimal distributed generator placement* (ODGP). Beberapa manfaat menggunakan tiga opsi ini secara bersamaan hanya sedikit telah diteliti secara detail. Ketika rekonfigurasi jaringan dilakukan pada suatu tes sistem yang sudah memiliki kapasitor bank dan telah terinstalasi unit-unit DG dapat meminimalkan rugi-rugi daya jaringan. Formulasi ini hanya melibatkan satu elemen yang obyektif dan elemen-elemen tersebut sudah terpasang, sehingga membatasi optimalisasi sistem dan menyembunyikan trade-off dari tujuan-tujuan lainnya.

Solusi untuk permasalahan komprehensif rekonfigurasi bersamaan dengan penempatan kapasitor bank dan penempatan unit-unit DG menawarkan pengurangan rugi-rugi terbaik dibandingkan kombinasi dua pilihan saja. Namun, perumusannya hanya melibatkan weighted-sum optimization dan tujuan-tujuan yang tidak bertentangan. Tidak ada rumusan multi-tujuan berbasis Pareto yang

secara simultan menggunakan ketiga alternatif tersebut telah dipertimbangkan di dalam literatur.

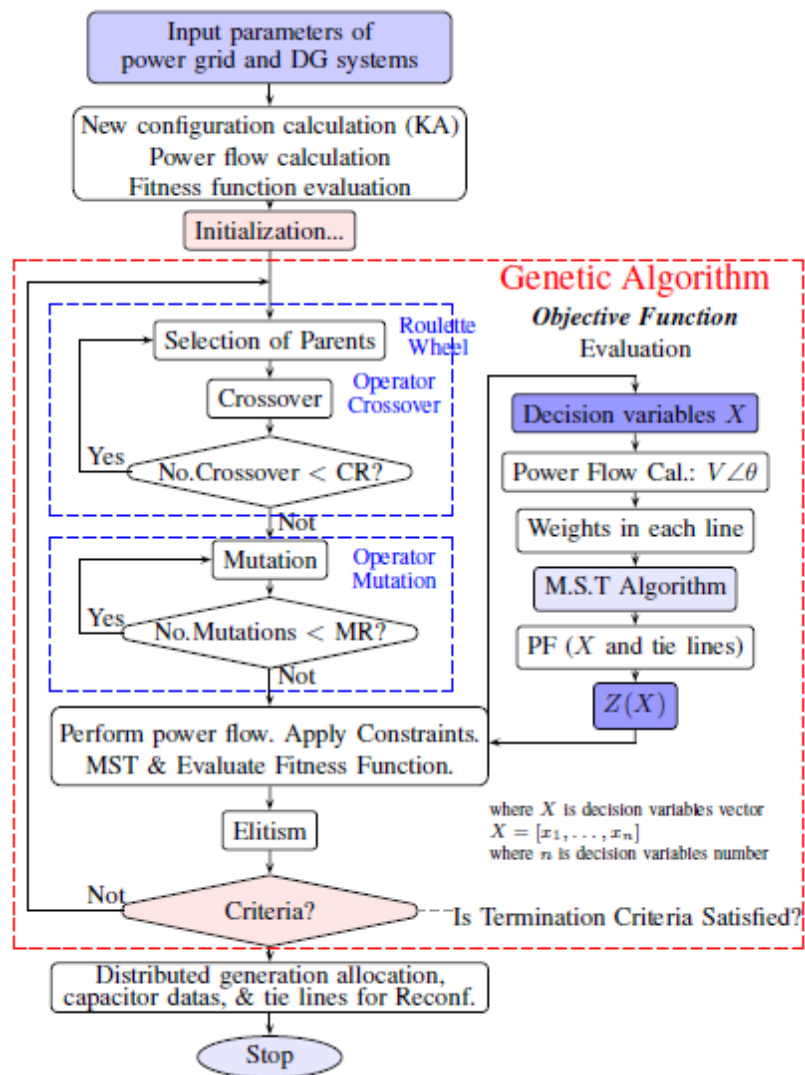
Suyanto, dkk., telah melakukan simulasi optimasi berbasis algoritma genetika dalam penempatan dan penentuan ukuran unit-unit DG dalam jaringan RDS. Simulasi optimasi dilakukan secara bersamaan/serempak dengan kegiatan rekonfigurasi jaringan dan penempatan kapasitor bank. Hasil simulasi optimasi telah meningkatkan performansi jaringan RDS terutama rugi-rugi saluran dapat diminimumkan, profil tegangan tetap terjaga pada range yang ditetapkan, [256].

Gallano, dkk. telah mengimplementasikan suatu metode yang baru dan cepat perencanaan optimal multi objektif , yang juga dapat diterapkan pada operasi sistem real-time jaringan RDS. Elitist *non-dominated sorting genetic algorithm* (NSGA-II) dan analisis pengambilan keputusan *fuzzy* digunakan untuk mendapatkan konfigurasi sistem terbaik dengan pemasangan kapasitor bank dan unit-unit DG secara bersamaan (*simultaneous*), [205].

Montoya & Ramirez telah mengembangkan metodologi untuk memecahkan masalah rekonfigurasi secara simultan dengan metode alokasi optimal untuk penetapan/penentuan dan penempatan kapasitor bank dan unit-unit DG, [206]. Penelitian ini berfokus pada masalah rugi-rugi energi dan memperbaiki profil tegangan di jaringan RDS melalui *distribution system reconfiguration* (DSR), *optimal capacitor allocation* (OCA), dan *optimal distributed generation allocation* (ODGA). Untuk mengatasi permasalahan-permasalahan optimasi ini, algoritma yang didasarkan pada *genetic algorithm* (GA) ditambah algoritma *minimal spanning tree* (MST) diusulkan.

Untuk mengatasi ketiga masalah ini bersama, sebuah aplikasi gabungan berbasis GA dan MST diterapkan. MST dipecahkan melalui Kruskal Algorithm (KA) untuk memecahkan masalah rekonfigurasi, melihat reduksi rugi-rugi daya dan melestarikan topologi radial dalam sistem distribusi. KA membutuhkan bobot pada masing-masing cabang. Berdasarkan bobot ini, pohon minimal dipilih, sehingga memuaskan batasan/kendala radialitas. Diagram alir gabungan kedua algoritma ditunjukkan pada Gambar 2.21 dan gabungan kedua algoritma dirangkum secara berurutan.

Saonerkar & Bagde telah menyajikan minimalisasi rugi-rugi daya total, peningkatan profil teangan dan arus cabang setiap bus dengan menggunakan rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor bank dan jumlah optimum penempatan unit-unit DG pada jaringan RDS, [207]. Algoritma genetika (GA) digunakan untuk menentukan permasalahan non linier yang sangat tinggi dalam perhitungan rugi-rugi daya total jaringan RDS yang dikenai pada kendala-kendala kesamaan dan ketidaksamaan operasional.



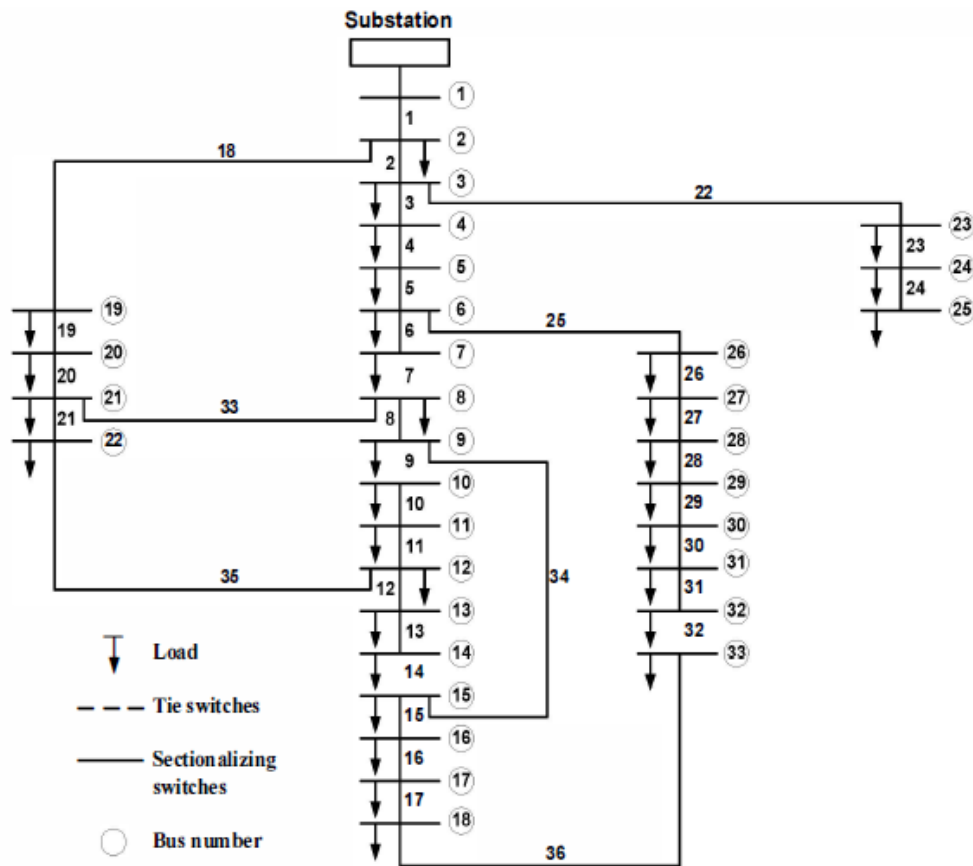
Gambar 2.21. Diagram Alir Gabungan Algoritma Berbasis GA dan MST, [206].

Beberapa kondisi yang telah dilakukan untuk minimalisasi rugi-rugi daya total, peningkatan profil teangan dan arus cabang setiap bus dalam jaringan RDS.



Kasus E: Sistem dikonfigurasi ulang dengan penempatan/alokasi unit-unit DG simultan tanpa penempatan/alokasi kapasitor bank;

Kasus F: Sistem dikonfigurasi ulang dengan penempatan/alokasi unit-unit DG dan penempatan/alokasi kapasitor bank berdasarkan ukuran masing-masing sama seperti kasus D; Hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.25.

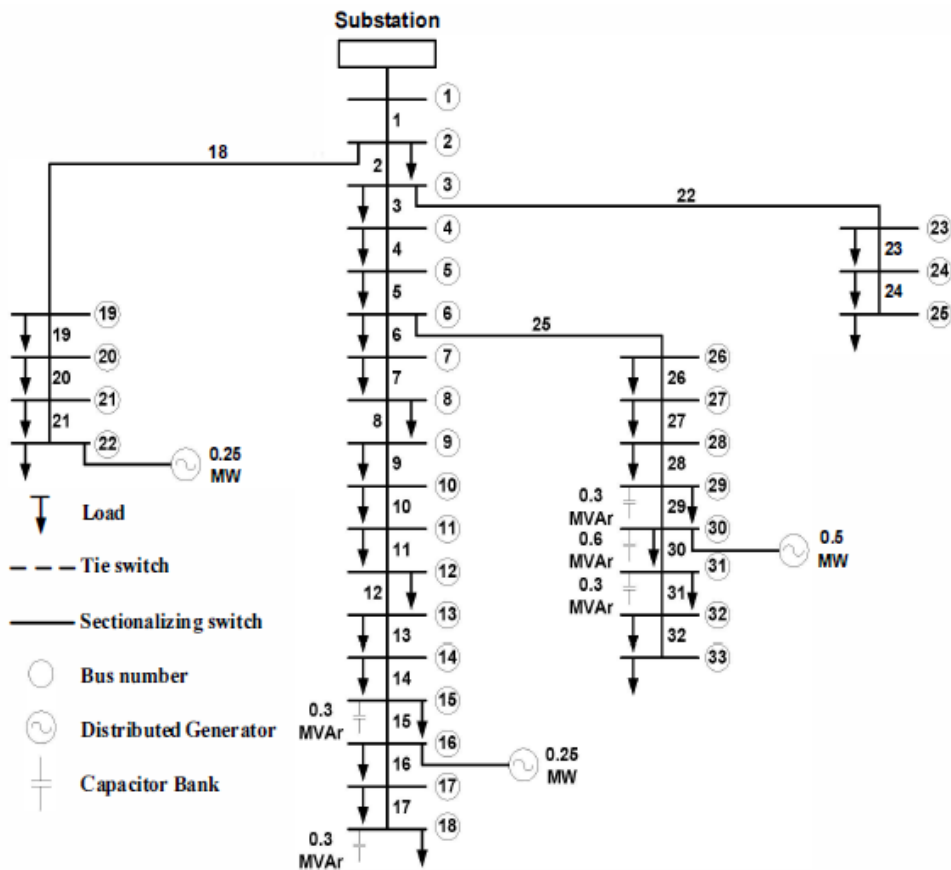


Gambar 2.23. Jaringan RDS – Sistem IEEE 33 Bus- Kasus B (*Reconfiguration*).

Muthukumar & Jayalalitha [208] juga telah menyajikan signifikansi *hybrid heuristic search algorithm* (HS-PABC) yang efisien berdasarkan *Harmony search algorithm* (HSA) dan algoritma *particle artificial bee colony* (PABC) dalam konteks peningkatan performansi jaringan distribusi RDS melalui rekonfigurasi jaringan secara simultan dengan alokasi dan penetapan /penentuan ukuran optimal unit-unit DG dan kapasitor bank.

### 2.2.6 Aliran Daya Optimal pada Jaringan RDS

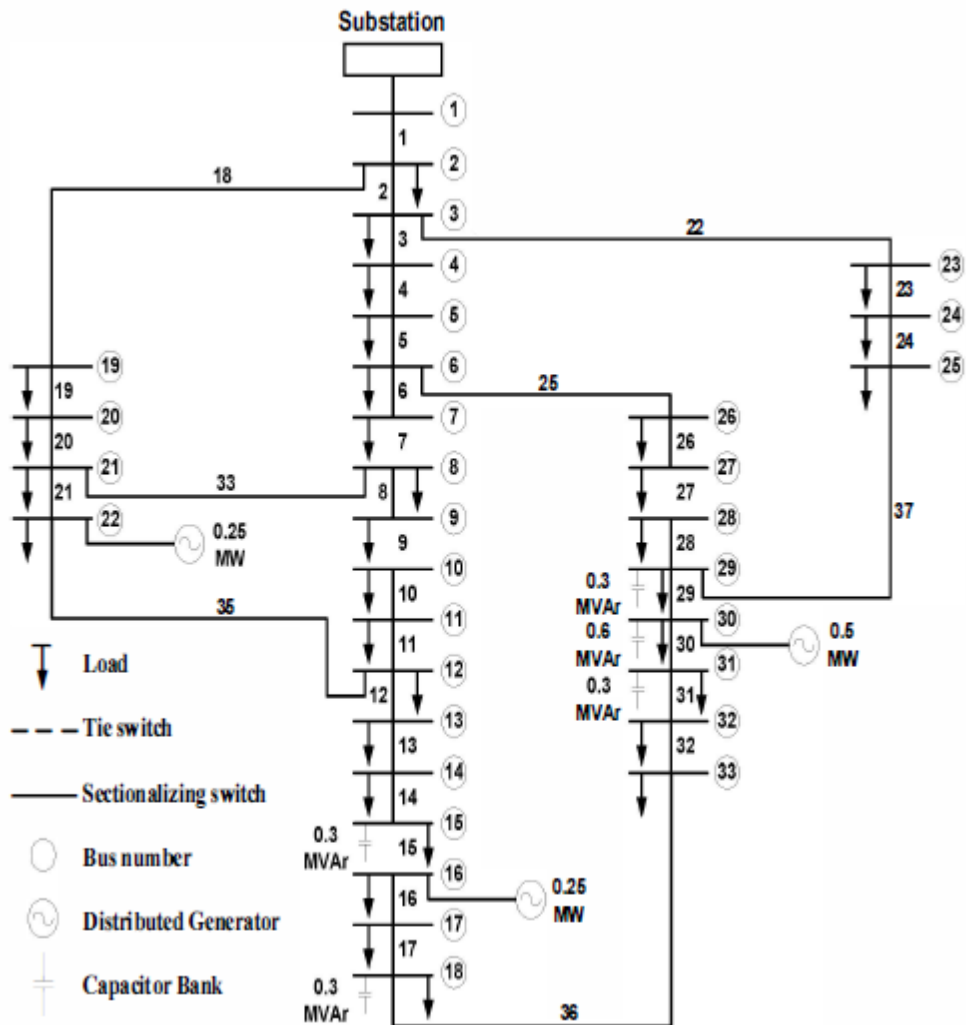
Aliran Daya Optimal (*Optimal Power Flow* - OPF) jaringan RDS digunakan untuk meminimumkan rugi-rugi daya saluran dengan mempertimbangkan keseimbangan daya, batas-batas pembebanan dan kendala-kendala kapasitas saluran. Penyelesaian OPF diterapkan pada kegiatan perencanaan terkoordinasi (*Coordinated Planning*-CP) bertujuan untuk meminimumkan rugi-rugi daya saluran melalui rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank dan penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran unit-unit DG dalam jaringan RDS.



Gambar 2.24. Jaringan RDS – Sistem IEEE 33 Bus- Kasus D (*DG Allocation and Capacitor Placement*).

Beberapa penelitian yang telah pernah dilakukan lebih menekankan penyelesaian OPF pada rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor dan penempatan unit-unit DG pada jaringan RDS secara terpisah atau gabungan

keduanya. Hasil-hasil penelitian tersebut adalah OPF yang diterapkan hanya untuk penyelesaian persoalan optimasi dengan fungsi obyektif tunggal (*single objective*) melalui beberapa metode. Sehingga penelitian disertasi menitik beratkan pada penyelesaian permasalahan OPF dengan fungsi obyektif jamak (*multi objectives*) pada perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.



Gambar 2.25. Jaringan RDS – Sistem IEEE 33 Bus- Kasus F (*Reconfiguration, DG Allocation and Capacitor Placement*).

Menurut Soliman,dkk., permasalahan-permasalahan pemrograman multi obyektif terdiri dari beberapa fungsi-fungsi obyektif yang membutuhkan tercapainya secara simultan, [115]. Permasalahan tersebut muncul dalam banyak aplikasi, di mana dua atau lebih fungsi obyektif harus dioptimisasi secara

bersamaan. Disebabkan oleh sifat multikriteria dari permasalahan multiobyektif, optimasi dari suatu solusi harus didefinisikan ulang. Permasalahan pemrograman multiobyektif dikarakterisasi dengan suatu vektor p-dimensi dari fungsi-fungsi. Hal ini dapat direpresentasikan seperti Persamaan ( 2.113 ).

$$\bar{Z}(x) = [Z_1(x), Z_2(x), \dots, Z_p(x)] \quad (2.113)$$

Subyek pada  $x \in X$ , dimana  $X$  adalah daerah yang layak (*feasible region*):

$$X = \{x : x \in R^n, g_i(x) \leq 0, x_j \geq 0 \forall i, j\} \quad (2.114)$$

Dimana  $R$  adalah kumpulan bilangan real,  $g_i(x)$  adalah kumpulan kendala-kendala dan  $x$  adalah kumpulan variable-variabel keputusan.

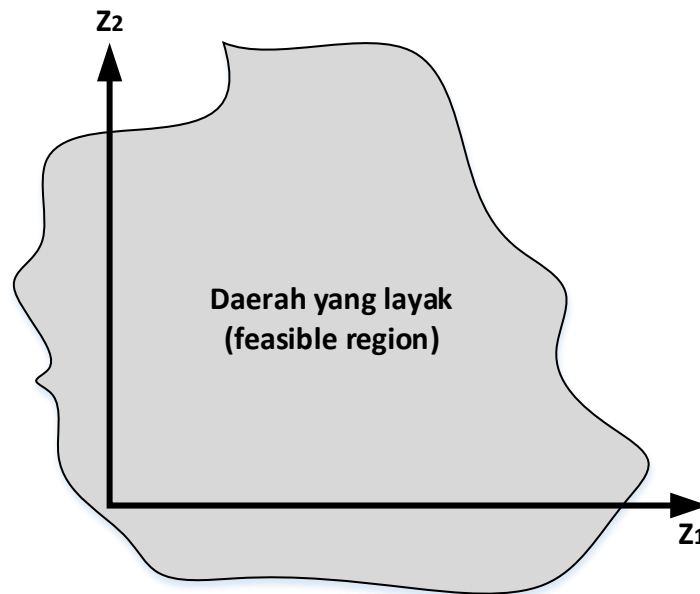
Permasalahan pemrograman *multi obyektif* secara umum adalah mengoptimasi suatu vektor dari fungsi-fungsi objektif yang memenuhi kendala-kendala kesamaan dan pertidaksamaan. Penyelesaian problem *multi obyektif* merupakan identifikasi kumpulan solusi-solusi *nondominated* dari daerah yang layak  $X$ . Oleh karena itu, daripada mencari solusi optimal tunggal, serangkaian solusi-solusi "noninferior" yang dicari.

Fokus analisis problem multiobyektif dalam prakteknya adalah menentukan penyelesaian secara umum yang didominasi solusi yang jelas. Hasil analisis tersebut adalah identifikasi subkumpulan kecil dari solusi-solusi yang layak dan dapat dipertimbangkan lebih lanjut. Secara formal, hasil analisis tersebut dikenal sebagai solusi-solusi *nondominated*. Solusi *nondominated* kadang-kadang disebut dengan nama lain: *noninferior*, *Pareto optimal*, dan sebagainya.

Fitur penting dari persoalan fungsi *multi obyektif* adalah zona atau kawasan yang layak menghasilkan solusi yang jauh lebih kompleks dibandingkan dengan persoalan *single objective*. Dalam optimasi tunggal, setiap set input  $x$  menghasilkan serangkaian solusi-solusi hasil-hasil  $z$  yang dapat diwakili oleh persamaan garis lurus. Dalam permasalahan fungsi *multi obyektif*, setiap seperangkat input  $x$



mendefinisikan ruang multidimensi solusi-solusi yang layak, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.26.



Gambar 2.26. Domain Fungsi Obyektif dari Problem 2 (Dua) Fungsi Obyektif, [115].

Solusi-solusi *nondominated* adalah setara dengan konseptual dalam problem-problem *multi obyektif* dan solusi optimal tunggal adalah problem fungsi obyektif tunggal. Karakteristik utama suatu solusi *nondominated* adalah setiap solusi diluar daerah yang layak adalah ada suatu solusi *nondominated* yang mana semua *fungsi obyektif* tidak berubah atau diperbaiki dan setidaknya minimal kurang satu diperbaiki secara pasti. Desain yang disukai dari beberapa permasalahan harus menjadi salah satu solusi *nondominated*. Selama semua tujuan-tujuan yang layak telah dipertimbangkan, tidak ada desain yang bukan merupakan salah satu solusi *nondominated* lebih bermanfaat; Hal ini didominasi oleh beberapa desain yang dipakai pada semua analisis. Ini alasan utama untuk menentukan *set nondominated* untuk analisis fungsi *multiobyektif*.

Diberikan serangkaian solusi-solusi yang layak  $X$ , himpunan solusi-solusi *nondominated* dilambangkan sebagai  $S$  dan didefinisikan dalam Persamaan ( 2.115 ). Hal ini jelas dari definisi  $S$  sebagai salah satunya bergerak dari satu solusi

*nondominated* lain dan satu fungsi tujuan yang meningkat, maka satu atau lebih fungsi obyektif lainnya harus menurunkan nilai optimasinya.

$$S = \{x : x \in X, \text{ tidak ada lainnya } x' \in X \text{ berlaku } z_q(x') > z_q(x) \\ \text{ untuk beberapa } q \in \{1, 2, \dots, p\} \text{ dan } z_k(x') \leq z_k(x) \text{ untuk semua } k \neq q\} \quad (2.115)$$

Menurut Alarcon-Rodriguez, dkk. [143], secara umum optimasi dengan fungsi multi obyektif dinyatakan seperti Persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \min F(x) &= \min (\{f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)\}) \\ \text{s.t.} \\ x &\in \Omega \\ G(x) &= 0 \\ H(x) &\leq 0 \end{aligned} \quad (2.116)$$

Dimana  $f$  adalah fungsi obyektif ke- $i$  ;  $m$  adalah jumlah fungsi obyektif;  $x$  adalah vector keputusan;  $\Omega$  adalah domain keputusan yang memenuhi;  $G(x)$  adalah kesamaan kendala-kendala (*constraints*); dan  $H(x)$  adalah ketidaksamaan kendala-kendala (*constraints*).

### 3.2.5.1 Aliran Daya Optimal Lanjut (Advanced-OPF) pada Strategi Kegiatan CP

Penelitian disertasi ini diusulkan untuk meningkatkan kualitas daya jaringan melalui penyelesaian OPF untuk menganalisis kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS. Penyelesaian OPF yang diterapkan pada kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS disebut penyelesaian *advanced-OPF*. Penyelesaian *advanced-OPF* merupakan penyelesaian OPF lanjut untuk menganalisis rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank dan penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran unit-unit DG secara simultan dengan tujuan peningkatan kualitas daya jaringan RDS. Selain itu, penyelesaian *advanced-OPF* bertujuan meminimumkan rugi-rugi daya

saluran, meminimumkan level deviasi tegangan dan memaksimalkan keluaran daya aktif DG dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Menurut Soliman,dkk., persoalan OPF multiobyektif untuk *advanced-OPF* dapat dinyatakan dengan meminimumkan  $f(x)$ , [115].

$$f(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + w_3 f_3(x) \quad (2.117)$$

$$\bar{f}(x) = \begin{bmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \\ f_3(x) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} PLOSS \\ \Delta VOLT \\ PDG \end{bmatrix} \quad (2.118)$$

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1 \quad (2.119)$$

$$W_3 = 1 - \sum_{i=1}^2 W_i \quad (2.120)$$

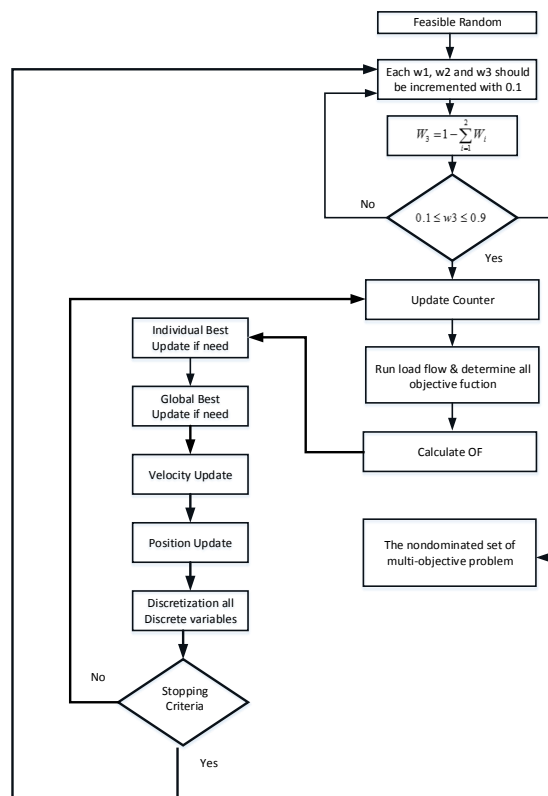
Subyek pada :  $x \in X$ , dimana  $X$  adalah daerah yang layak memenuhi Persamaan (2.121):

$$X = \{x : x \in R^n, g_i(x) \leq 0, x_j \geq 0 \forall i, j\} \quad (2.121)$$

Dimana  $R$  adalah kumpulan bilangan real;  $g_i(x)$  adalah semua kendala-kendala diperkenalkan sebelumnya dan  $x$  adalah variabel keputusan diperkenalkan sebelumnya. Langkah-langkah utama dari algoritma OPF multiobyektif ditunjukkan Gambar 2.27.

Penyelesaian persoalan OPF multiobyektif melalui beberapa step sebagai berikut:

- |               |   |
|---------------|---|
| <b>Step-1</b> | : Inisialisasi yang layak fungsi-fungsi obyektif.   |
| <b>Step-2</b> | : Tetapkan 3 (tiga) factor-faktor pembobot untuk memperoleh semua solusi <i>nondominated</i> .  |
| <b>Step-3</b> | : Jalankan algoritma OPF dan setiap menjalankan menghitung ulang aliran daya.   |
| <b>Step-4</b> | : Jika semua solusi-solusi <i>nondominated</i> ditemukan kemudian menuju step 5 jika tidak kembali lagi ke step 2.  |
| <b>Step-5</b> | : Gunakan teknik kluster secara hirarki ( <i>hierarchical clustering technique</i> ) untuk meminimumkan kumpulan <i>nondominated</i> menjadi kumpulan terkecil yang memberikan beberapa fleksibilitas pada pembuat keputusan. |
| <b>Step-6</b> | : Berikan solusi-solusi pada pembuat keputusan.   |



Gambar 2.27. Algoritma OPF Multiobyektif, [115].

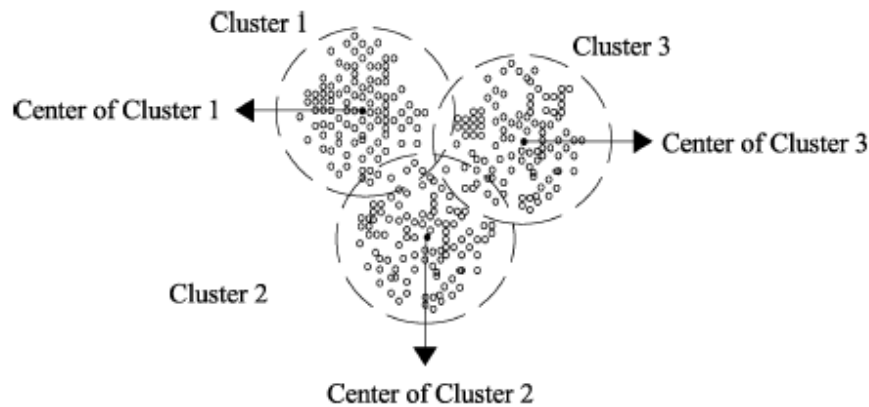
### 3.2.5.2 Teknik Pengelompokan Hirarki (Hierarchical Clustering Technique-HCT) pada Strategi Kegiatan CP

Menurut Soliman,dkk., teknik Klastering Hirarki merupakan istilah yang paling umum digunakan untuk teknik yang berusaha memisahkan data ke dalam kelompok penyusun adalah analisis pengelompokan (*clustering*), [115]. Dalam klasifikasi secara hirarkikal, data tidak dipartisi menjadi sejumlah kelompok tertentu dalam satu langkah tunggal. Sebagai gantinya, klasifikasi terdiri dari serangkaian partisi, yang mungkin dijalankan dari satu cluster yang berisi semua solusi *nondominated*, ke  $n$  cluster masing-masing yang berisi satu individu. Teknik pengelompokan hirarkis telah diterapkan untuk mengurangi himpunan *nondominated* ke rangkaian yang lebih kecil. Hal ini tentunya akan memberi keleluasaan bagi pembuat keputusan (*decision maker*) dalam hal pemilihan. Metodologi pengelompokan hirarkis adalah suatu sarana untuk menyelidiki pengelompokan data secara bersamaan melalui berbagai skala dengan membuat sebuah pohon cluster. Pohon itu bukan satu cluster tunggal, melainkan hierarki bertingkat, di mana kelompok pada satu tingkat bergabung sebagai kelompok pada tingkat yang lebih tinggi berikutnya. Hal ini memungkinkan menentukan tingkat atau skala pengelompokan yang paling tepat.

Salazar,dkk. menyatakan tentang konsep pengelompokan (*clustering*). Teknik pengelompokan (*clustering*) merupakan alat (*tools*) matematis untuk menganalisa dan menciptakan kelompok dengan karakteristik serupa serta mengidentifikasi dan memulihkan fitur yang tidak diketahui dari masing-masing kelompok yang diidentifikasi, [131]. Suatu kumpulan data tertentu (seperti ditunjukkan pada Gambar 2.28) merupakan pengelompokan untuk mengidentifikasi kelompok dengan elemen yang paling representatif.

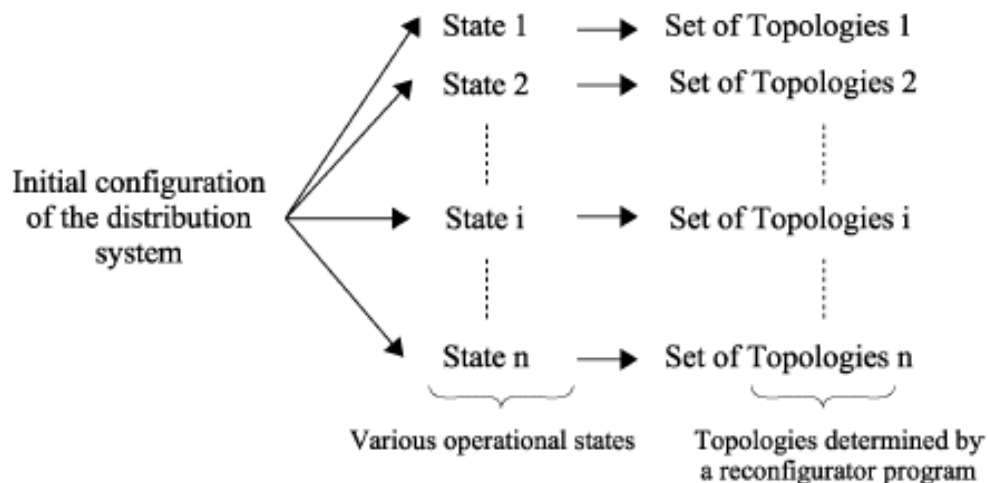
Untuk kasus pada Gambar 2.28, tiga kelompok diidentifikasi dengan elemen sentral yang paling representatif. Teknik pengelompokan (*clustering*) mempertimbangkan dua kriteria dasar yaitu pengukuran kedekatan dan kriteria pengelompokan. Pengukuran kedekatan mewakili tingkat kesamaan antara dua titik dan memperhitungkan karakteristik sistem agar tidak mendominasi karakteristik terhadap karakteristik lainnya. Kriteria pengelompokan dapat diwakili oleh fungsi objektif baik yang sifat tunggal atau banyak dari algoritma. Atau

kriteria lain yang memungkinkan pengelompokan dengan menggunakan pengukuran kedekatan.



Gambar 2.28. Pengelompokan (*Clustering*) Elemen-Elemen yang Representatif, [131].

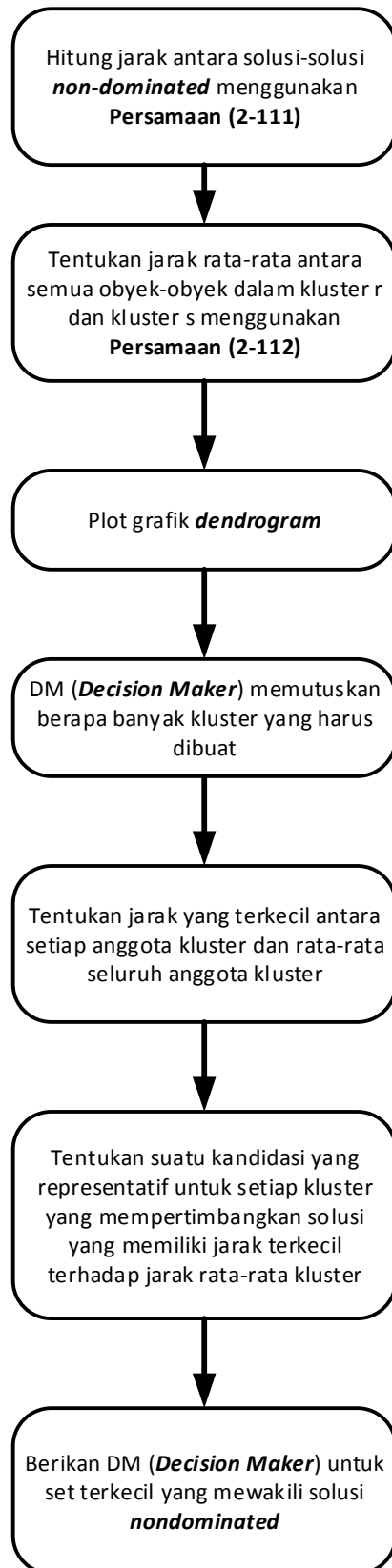
Keadaan jaringan RDS digambarkan oleh vektor dengan permintaan daya aktif dan daya reaktif pada setiap bus sistem. Oleh karena itu, untuk setiap keadaan sistem distribusi, satu atau beberapa topologi radial mungkin ada yang meminimalkan fungsi tujuan. Konsep ini ditunjukkan pada Gambar 2.29.



Gambar 2.29. Relasi Antara Keadaan (*state*) dan Topologi (*topology*), [131].

Dengan demikian, pasangan optimasi dibentuk oleh beban pada bus (*input data*) dan topologi yang meminimalkan rugi-rugi daya jaringan RDS (*output data*). Metodologi teknik pengelompokan secara hirarki merupakan cara untuk menyelidiki pengelompokan data secara simultan/bersamaan melalui berbagai skala dengan menciptakan pohon kluster (*cluster tree*). Pohon tidak kluster tunggal, melainkan sebuah hirarki bertingkat, di mana kluster-kluster pada level satu digabungkan sebagai kluster pada tingkat yang lebih tinggi. Hal ini memungkinkan menentukan apa tingkat atau skala pengelompokan yang paling tepat. Analisis pengelompokan secara hirarki (*hierarchical clustering analysis*) dalam solusi-solusi nondominated dapat dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

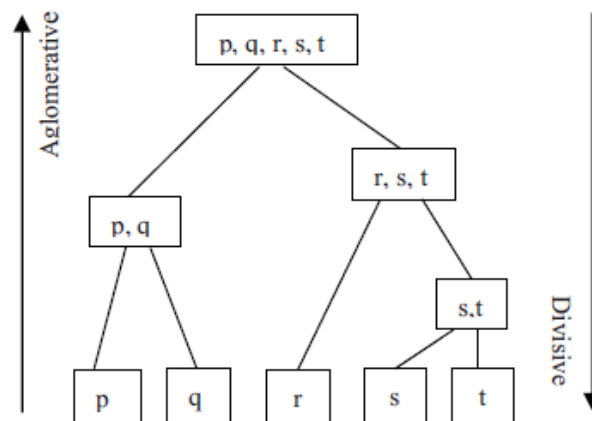
<b>Step-1</b>	: Hitung jarak antara solusi nondominated menggunakan formal Euclidean distance seperti dalam Persamaan ( 2.122 ).
	$d^2rs = (fr - fs)(fr - fs)' \quad (2.122)$ <p>dimana fr adalah fungsi-fungsi obyektif = {f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, f<sub>3</sub>}</p>
<b>Step-2</b>	: Kelompokkan obyek-obyek ke dalam a binary hierarchical cluster tree hirarki biner dengan mencari jarak rata-rata. Jarak tersebut harus dihitung antara semua pasangan objek dalam kluster-kluster r dan s dengan menggunakan Persamaan ( 2.123 ).
	$d(r, s) = \frac{1}{nr * ns} \sum_{i=1}^{nr} \sum_{j=1}^{ns} dist(xri, xsj) \quad (2.123)$
<b>Step-3</b>	: Plot grafik dendrogram, yang terdiri dari garis-garis berbentuk U menghubungkan objek dalam pohon hirarki.
<b>Step-4</b>	: Tentukan mana untuk membagi <i>hierarchical cluster tree</i> . Hal ini tergantung pada pengambil keputusan ( <i>decision maker</i> ).
<b>Step-5</b>	: Cari suatu kandidat yang representatif untuk setiap kluster dengan mengambil anggota kluster dari jarak yang terkecil, yang dihitung antara masing-masing anggota kluster dan rata-rata semua anggota cluster..
<b>Step-6</b>	: Berikan solusi-solusi pada pembuat keputusan untuk <i>Decision Support System - DSS</i>



Gambar 2.30. Diagram Alir Metode *Hierarchical Clustering Technique*.



Bobric, dkk., dalam pengelompokkan secara hirarkis, data tidak dipartisi ke dalam suatu cluster tertentu dalam suatu langkah tunggal (*a single step*), [132]. Sebagai gantinya, serangkaian partisi berlangsung, yang mungkin berjalan dari suatu objek tunggal (*a single object*) yang berisi semua objek ke  $n$  cluster yang masing-masing berisi suatu objek tunggal (*a single object*). Pengelompokan hirarkis dibagi menjadi metode *aglomeratif*, yang dilanjutkan dengan serangkaian fusi  $n$  objek menjadi beberapa kelompok, dan metode-metode pembagi, yang memisahkan  $n$  objek secara berturut-turut ke dalam kelompok yang lebih pasti. Teknik aglomeratif lebih umum digunakan. Pengelompokan secara hirarki, dapat diwakili oleh diagram dua dimensi yang dikenal sebagai *dendrogram* (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.31) yang menggambarkan perpaduan atau pembagian yang dilakukan pada setiap tahap analisis berturut-turut.



Gambar 2.31. *Hierarchical Clustering* - Model Dendrogram, [132].

Pengelompokan secara hirarki cocok untuk table-tabel kecil, sampai beberapa ratusan baris. Pemilihan jumlah cluster ditetapkan sesuai kebutuhan setelah pohon dibangun. Beberapa teknik aglomeratif adalah pengelompokan keterkaitan tunggal, pengelompokan keterkaitan lengkap, pengelompokan keterkaitan rata-rata, metode centroid dan metode clustering secara hirarki Ward's. Perbedaan antara metode yang ada karena perbedaan cara menentukan jarak (atau kesamaan) antar kelompok.

### 3.2.5.3 Advanced OPF pada Strategi CP berbasis HCT

Cartina,dkk. menyatakan bahwa evaluasi dan minimisasi rugi-rugi daya adalah isu-isu penting selama perencanaan, operasi, dan optimasi jaringan RDS dengan implikasi penting teknis dan ekonomis, [133]. Bahkan jika jaringan RDS memiliki lebih banyak daya yang hilang dibandingkan dengan yang lain. Hal itu menandakan bahwa jaringan RDS beroperasi di luar kondisi normal. Kondisi ini terjadi jaringan RDS memiliki penyulang jaringan lebih panjang (sifat radial), banyak pembebanan di sebagian besar simpul (*bus*), dan mungkin memiliki lebih banyak titik transformasi. Oleh karena itu menimbulkan dampak karakteristik konstruktif atau operasi yang berbeda pada jaringan RDS tersebut.

Suatu kebijakan pengurangan rugi-rugi daya dapat mempengaruhi tindakan jangka pendek dan jangka panjang. Beberapa tindakan jangka pendek adalah sebagai berikut:

- Identifikasi area-area terlemah dalam jaringan RDS dan memperbaikinya;
- Pengurangan panjang penyulang jaringan RDS dengan melakukan relokasi gardu induk / pemasangan trafo-trafo tambahan.
- Pemasangan (penempatan/alokasi dan penentuan.penetapan ukuran) kapasitor bank untuk perbaikan faktor daya, terutama untuk jaringan RDS di perkotaan.
- Pemasangan (penempatan/alokasi dan penentuan.penetapan ukuran) unit-unit DG untuk perbaikan profil tegangan, terutama untuk jaringan RDS perkotaan maupun pedesaan.

Dalam penelitian disertasi ini, beberapa tindakan jangka pendek tidak semua disimulasikan karena mengacu pada konsep perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran unit-unit DG dan penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank pada jaringan RDS.

Konfigurasi ulang / rekonfigurasi jaringan adalah prosedur untuk merubah struktur topologi penyulang/pengumpan dengan mengubah status terbuka atau tertutup dari saluran-saluran yang terhubung *sectionalizing switch* and *tie switch*. Jalur aliran daya ke beban-beban dirubah untuk mengurangi rugi-rgi daya, memperbaiki profil tegangan bus distribusi dan memperbaiki margin keamanan sistem; sambil mempertahankan format radial jaringan. Seiring

bertambahnya/meningkatnya jumlah beban bus, kemungkinan jumlah pola konfigurasi ulang jaringan meningkat dengan cepat, hal ini berubah menjadi permasalahan yang kompleks. Rekonfigurasi jaringan sendiri dapat mengurangi rugi-rugi daya sampai batas tertentu, setelah itu instalasi kapasitor bank atau unit-unit DG atau keduanya bisa menjadi salah satu pilihan yang sesuai/cocok.

Instalasi kapasitor bank pada ujung beban memberikan dukungan daya reaktif lokal, yang memperbaiki profil tegangan bus beban dan selanjutnya menghasilkan pengurangan rugi-rugi daya. Dengan demikian, permintaan daya reaktif dari generator konvensional berkurang, yang juga mempengaruhi kinerja saluran pembangkit dan jalur distribusi sehingga daya aktif yang lebih dapat dipasok oleh kapasitor bank.

Dukungan daya aktif yang utama di jaringan RDS selain dari gardu induk (*sub-station*) dapat dipasok dengan penempatan dan pemasangan unit-unit DG. Kapasitas unit-unit DG sangat beragam seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 sampai Tabel 2.3. Unit-unit DG bisa menjadi sumber energi konvensional atau energi terbarukan. Pemasangan unit-unit DG bergantung pada sumber daya alam yang ada di sekitarnya atau berdasarkan keandalan atau ekonomi atau keduanya. Unit-unit DG menurunkan permintaan daya aktif dari sub-stasiun, sehingga daya aktif yang tersimpan dapat dipasok ke beban-beban lain atau beban-beban baru. Jadi, kombinasi hibrida sumber pembangkit energi konvensional dan energi terbarukan dapat ditanamkan di jaringan RDS yang sama untuk mencapai keandalan dan ekonomi. Unit-unit DG terbarukan berukuran kecil umumnya terhubung pada tingkat distribusi yaitu dekat dengan unit-unit beban. Sedangkan Unit-unit DG konvensional dapat ditempatkan di manapun, di mana unit-unit tersebut memenuhi kebutuhan aringan distribusi dan tidak mempengaruhi konsumen di sekitarnya.

### **2.2.7 Sistem Pendukung Keputusan (*Decision Support System-DSS*)**

#### **Jaringan RDS**

Menurut Martinez, dkk. telah merumuskan konsep alat-alat simulasi (*simulation tools*) untuk analisis sistem distribusi dengan sumber daya terdistribusi (*distributed resource – DR*) untuk tren sekarang dan masa depan, [144]. Paket

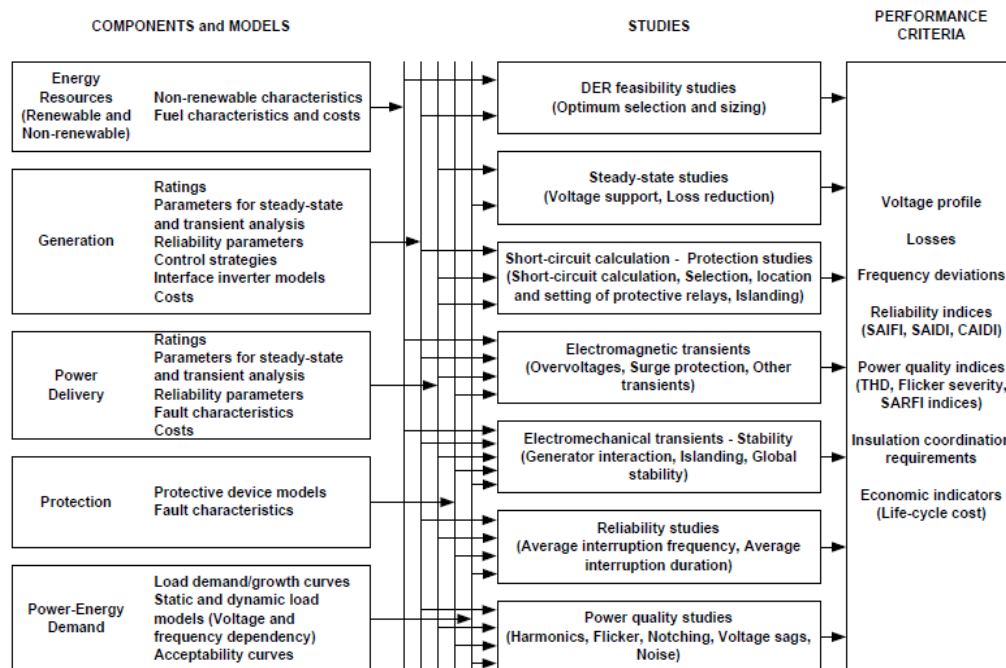
perangkat lunak distribusi terutama dirancang untuk menganalisis sistem distribusi yang bersifat radial dan tidak disusun dengan DR. Alat-alat simulasi harus menggabungkan kemampuan analisis yang tradisional dan baru dengan sejumlah besar kemampuan pemodelan untuk mewakili berbagai teknologi unit-unit DG, selain komponen konvensional. Pengembangan solusi sistem distribusi *fit-all* untuk simulasi jaringan RDS dengan penetrasi unit-unit DG merupakan tantangan besar bagi pengembang perangkat lunak jaringan. Studi-studi yang berkaitan dengan interkoneksi perangkat unit-unit DG dan pengembangan paket-paket perangkat lunak jaringan RDS dilakukan dengan asumsi bahwa infrastruktur distribusi dasar dan karakteristiknya akan tetap seperti sekarang. Oleh karena itu, model-model saat ini bisa bermanfaat untuk studi-studi dengan penetrasi unit-unit DG yang tinggi. Paket-paket distribusi harus mencakup model untuk komponen-komponen daya konvensional (saluran, kabel, transformer, regulator tegangan, bank kapasitor), perangkat pelindung, beban, perangkat DR dan kontrol yang terkait. Model untuk sumber energi baru dan terbarukan (mis., angin, solar, biomassa, bahan bakar atau sumber daya air).

Kriteria kinerja yang saat ini diterapkan pada tingkat jaringan RDS juga dapat digunakan untuk menilai operasi unit-unit DG yang saling berhubungan; Namun, kemungkinan interkoneksi dengan unit-unit DG banyak, dan tidak realistis untuk mengantisipasi semua masalah praktis dari desain masa depan; Misalnya, penilaian skenario pulau di masa depan bisa kurang membatasi daripada hari ini.

Secara umum, analisis, disain dan operasi jaringan RDS mencakup beberapa studi. Beberapa studi tersebut yang harus dipertimbangkan adalah : • studi keadaan tunak (*steady-state studies*); • studi keadaan transien (*transient-state studies*), yang dapat dibagi menjadi keadaan transien elektromagnetik dan keadaan transien elektromekanis • studi kegagalan dan perlindungan (*fault-current and protection studies*); • studi keandalan dan kualitas daya (*reliability and power quality studies*); • studi perencanaan (*planning studies*). Dalam penelitian disertasi ini hanya mencakup studi keadaan tunak (*steady-state studies*) dan studi-studi perencanaan (*planning studies*).

Studi perencanaan yang dikaji adalah perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran unit-

unit DG dan penempatan/alokasi & penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank pada jaringan RDS. Gambar 2.32 menunjukkan model-model dan studi-studi analisis, disain dan operasi jaringan RDS ketika unit-unit DG diintegrasikan. Terlihat jelas injeksi unit-unit DG ke jaringan RDS akan mempengaruhi kajian/studi tentang fisibilitas terhadap penempatan/alokasi & penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG secara optimal. Selain itu kondisi keadaan tunak dalam jaringan RDS juga menggambarkan tegangan support dan pengurangan rugi-rugi yang harus dipertimbangkan. Tentunya model-model dan studi-studi analisis, disain dan operasi jaringan RDS ketika unit-unit DG diintegrasikan mempengaruhi kriteria performansi profil tegangan, rugi-rugi daya, frekuensi deviasi, indikasi kehandalan, indikasi kualitas daya, pemenuhan koordinasi isolasi dan indicator ekonomi.



Gambar 2.32. Model-Model dan Studi-Studi Analisis, Disain dan Operasi Jaringan RDS, [144].

Batasan-batasan yang ada sekarang dan kebutuhan masa depan akan alat-alat simulasi (*simulation tools*) pada jaringan RDS meliputi :

Aliran daya / aliran beban (*power flow / load flow*) : Penetrasi unit-unit DG/DR memberikan beberapa tantangan terhadap pengembangan simulator

berbasis perangkat lunak aliran daya/aliran beban jaringan RDS. Simulator harus dapat memodelkan peralatan kontrol tegangan, sistem yang tidak seimbang, beban-beban satu fasa, saluran-saluran satu dan dua fasa, dan beberapa koneksi transformator. Selain itu, aliran daya harus menangani beban dan profil-profil unit-unit DG, atau model-model pembangkit yang akurat. Kebutuhan-kebutuhan utama untuk perangkat lunak aliran daya jaringan RDS dengan penetrasi unit-unit DG adalah untuk menilai profil tegangan, rugi-rugi daya, dan isu-isu kapasitas untuk studi sumber daya terdistribusi yang berubah-ubah. Serta perangkat lunak aliran daya jaringan RDS dengan penetrasi unit-unit DG untuk mendukung analisis selanjutnya: keandalan, koordinasi proteksi, stabilitas transien atau tingkat-tingkat distorsi harmonik.

Perencanaan (*planning*) : Paket perencanaan sistem distribusi adalah seperangkat alat yang dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori yang berbeda: (1) simulator kinerja listrik(*electrical performance simulators*); (2) alat-alat analisis untuk analisis kehandalan (*analytical tools for reliability analysis*); (3) metode-metode pendukung keputusan (*decision support methods*) untuk membantu dalam mengevaluasi dan memilih dari alternatif-alternatif yang mungkin. Alat-alat perencanaan sekarang dapat digunakan untuk menilai *trade off* antara pengeluaran unit-unit DG kecil dan membangun jaringan baru atau meningkatkan jaringan yang ada, atau membangun pembangkit listrik pusat konvensional yang baru. Integrasi unit-unit DG harus memperhitungkan beberapa faktor, seperti sumber daya, biaya, atau dampak lingkungan yang ada.

Sistem informasi geografis (*Geographic Information Systems-GIS*): dapat memecahkan masalah ini, karena bisa menangani informasi asal dan format yang sangat beragam (peta, foto, gambar satelit, tabel, catatan, atau deret waktu historis) dan menawarkan berbagai model data terstruktur yang sesuai untuk penyimpanan, manipulasi, dan analisis informasi yang dibutuhkan dalam perencanaan unit-unit DG. Alat GIS dapat melakukan perhitungan yang bertujuan untuk menentukan lokasi optimal untuk fasilitas unit-unit DG dengan teknologi tertentu (yaitu sistem fotovoltaik atau angin), atau digunakan dalam aplikasi peramalan beban spasial yang memungkinkan pengguna mengidentifikasi area dengan peningkatan permintaan di masa depan.

Sistem Pendukung Keputusan (*Decision Support System-DSS*) pada Jaringan RDS dalam penelitian disertasi hanya menitikberatkan pengembangan aliran daya dan perencanaan terkoordinasi. GIS merupakan pengembangan lebih lanjut dalam membangun DSS yang akan datang. Tentunya pengembangan DSS ke depan tidak hanya mencakup 3 (tiga) komponen tersebut di atas tapi juga pengembangan DSS harus dilengkapi analisis kegagalan arus (*Fault-current analysis*), sistem proteksi (*protection system*), sistem kehandalan (*reliability*), kualitas daya (*power quality*), kelebihan tegangan (*overvoltage*). Tantangan pengembangan DSS ke depan adalah DSS harus bisa diimplementasikan dalam platform simulasi secara nyata/riil (*real-time simulation platforms*), alat-alat simulasi multi-agent (*multi-agent simulation tools*), dan alat-alat simulasi multi-domain (*multi-domain simulation tools*).

#### **3.2.6.1 Konsep Sistem Pendukung Keputusan – Perencanaan, Operasi dan Optimasi Jaringan RDS**

Menurut Guimaraes, dkk., perencanaan dan pemeliharaan sistem distribusi yang tepat adalah sangat penting untuk operasi yang efisien, dengan layanan berkualitas tinggi yang diberikan kepada konsumen, [186]. Dalam konteks ini, kualitas daya menjadi isu yang sangat penting, karena kualitas daya menjadikan produk akhir yang dikirim ke konsumen. Tegangan - tegangan harus dijaga dalam batas yang ditentukan oleh penyedia jaringan, tanpa memunculkan harmonisa, dan layanan tersebut seharusnya tidak mengalami gangguan apapun. Pemeliharaan kualitas daya terhadap profil tegangan mulai berlaku dengan menggunakan beberapa tindakan, mencakup alat-alat pencegahan, korektif dan darurat.

Transformer-transformer gardu induk (*sub-station*) yang dilengkapi dengan *tap-changing control* dapat membatasi variasi tegangan dalam kisaran tertentu, sehingga mengurangi deviasi penyimpangan tegangan yang terlalu besar. Namun, dengan kenaikan beban (misalnya, pada jam sibuk), penyesuaian posisi tap mungkin tidak memadai untuk menjaga voltase dalam kisaran yang diinginkan, sehingga menghasilkan tegangan rendah pada gulungan sekunder transformer distribusi.

Martinez, dkk. telah membuat ringkasan jenis studi utama yang terkait dengan perencanaan, analisis, dan perancangan jaringan RDS, menganalisis model-model yang diperlukan untuk mewakili sumber daya terdistribusi (misalnya: unit-unit DG), dan membahas kemampuan masa depan paket perangkat lunak untuk sistem distribusi, [145]. Selain itu kajian studinya mencakup uji kasus yang menggambarkan beberapa studi yang berkaitan dengan perencanaan, analisis, dan perancangan jaringan RDS dengan injeksi unit-unit DG.

Konsep Sistem Pendukung Keputusan – Perencanaan, Operasi dan Optimasi Jaringan RDS mengacu pada studi perencanaan dan disain sistem distribusi dengan penetrasi unit-unit DG seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6. Beberapa kategori yang harus dipenuhi ketika perencanaan dan disain sistem distribusi meliputi analisis keadaan tunak (*steady-state analysis*), analisis kegagalan arus dan proteksi (*fault-current analysis and protection*), kehandalan dan kualitas daya (*reliability and power quality*), tegangan berlebih (*overvoltage*), kestabilan sistem (*system stability*) dan perencanaan distribusi (*distribution planning*). Ruang lingkup konsep sistem pendukung keputusan masih mengacu pada kategori analisis keadaan tunak. Analisis keadaan tunak lebih menekankan pada analisis drop tegangan (*voltage drop analysis*), penentuan/penetapan ukuran komponen distribusi, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran regulator tegangan, kapasitor bank dan unit-unit DG, besar dan lamanya kelebihan beban, rekonfigurasi penyulang dan pertumbuhan beban atau peramalan.

### **3.2.6.2 Konsep Desain DSS-CP sebagai Simulator Advanced OPF berbasis HFC Jaringan RDS**

Kazmi, dkk., *Traditional Distribution-Network Planning* (TDP) bertujuan untuk menemukan solusi-solusi ekonomi yang layak, [211]. Terutama, "di mana, kapan dan apa" jenis gardu induk dan cabang-cabang / saluran-saluran akan ditambahkan atau diganti / dihapus untuk mencapai konfigurasi jaringan distribusi (*distribution network* - ND) optimal yang memasok kebutuhan beban ke seluruh cakupan perencanaan. Namun, TDP lebih rumit lagi dengan integrasinya unit-unit DG dan permasalahan - permasalahan terkait, terutama terkait dengan

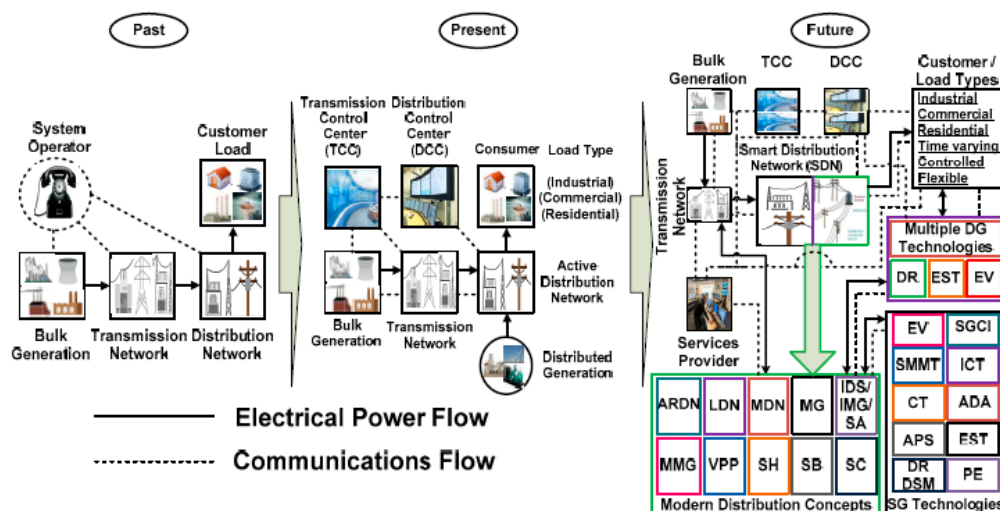


masalah topologi atau konfigurasi ulang yang optimal, keandalan (perlindungan), pasar tenaga listrik, ketidakpastian beban, biaya dan isu-isu manajemen risiko.

Tabel 2.6. Studi Perencanaan dan Disain Sistem Distribsi dengan Penetrasi Unit-Unit DG, [145].

Category		Performance criteria	Models
Steady-state analysis	Voltage drop analysis	Maximum voltage drop	Low-frequency three-phase network components models
	Distribution component sizing	Three-phase balance	Static load models
Fault-current analysis and protection	Location and sizing of voltage regulators, capacitor banks and DRs	Losses at different voltage levels	Low-frequency three-phase network components models
	Magnitude and duration of overloads		Load duration/growth curves
Reliability and power quality	Feeder reconfiguration		
	Load growth/forecasting		
Overvoltages	Short-circuit calculations	Equipment safety	Low-frequency three-phase network components models (symmetrical components)
	Selection, location and setting of protective devices (relays, reclosers, fuses, ...)	Coordination requirements	Protective device models
System stability	Islanding detection and setting		Fault characteristics
Distribution planning	Average interruption frequency	Reliability indices (SAIFI, CAIDI, ASAI)	Reliability models (outage rates, repair times)
	Average interruption duration	Power quality indices	Frequency-dependent models (including non-linearities) for a frequency range of a few kHz
	Harmonics analysis	Total harmonic distortion (THD)	Power electronic based modes, including inverter-based interfaces
	Voltage dip assessment	IEC and IEEE voltage dip indices	
	Flicker analysis	Flicker severity indices	
	System/load balancing	Voltage unbalance indices	
	Application of Custom Power devices		
	Resonance and ferroresonance	Insulation coordination requirements	Frequency-dependent non-linear models (from DC to a few MHz) power distribution components and surge arrester models
	Switching and fault overvoltages		
	Lightning overvoltages		
	Location and selection of arresters		
	Transient stability (loss of load, loss of generation, faults)	Power balance in island mode	DG low-frequency transient models
	Voltage stability	Frequency and voltage deviations	Inverter-based interface models
	Load following		Excitation control models
	Generator and motor start-up		Prime mover models
			Dynamic load models
	Distribution expansion	Economic costs	Models used in those simulation tools needed for distribution planning
	Optimal location of substations and feeders	Reliability indices	
	Optimal feeder and substation design		
	Optimal allocation of load and substation capacity.		

Konsep *smart distribution network* (SDN) di bawah paradigma *smart grid* (SG), telah dipresentasikan dan ditinjau dari perspektif perencanaan. Juga, perkembangan dalam proses perencanaan SDN telah disurvei berdasarkan paket SG (SGP). Paket ini menyajikan landasan perencanaan SDN melalui teknologi pendukung SG (SG-TF), antisipasi fungsionalitas (SGAF), model konsumsi baru (MDC) sebagai kandidat SDN potensial, kebijakan terkait dan proyek percontohan dan *multi-objective planning* (MOP) sebagai permasalahan optimasi dunia nyata. Namun, ada kebutuhan untuk mempertimbangkan modernisasi jaringan (grid) yang direncanakan dan strategi perencanaan baru dari sudut pandang SDN. Transformasi jaringan yang diantisipasi dan modifikasi yang mengarah pada DN ditunjukkan dalam tahap pengembangan (modernisasi) di masa lalu (*past*), sekarang (*today*), dan masa depan (*future*), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.33.



Gambar 2.33. Proses Pengembangan Jaringan Distribusi dari Masa Lalu ke Masa Depan yang Cerdas (diadaptasi dari IEA), [211].

Permasalahan perencanaan yang biasa berfokus pada pencarian solusi ekonomi (hemat biaya-*cost effective*) yang layak. Selain itu, tujuan seperti keandalan, kualitas daya dan dampak lingkungan yang rendah (negatif), stabilitas sistem, efisiensi energi dan kepuasan pelanggan juga dapat dipertimbangkan dalam rumusan permasalahan SDN. Permasalah perencanaan SDN telah diklasifikasikan sebagai berikut :

- 1a. Perencanaan SDN jangka panjang (*Long-term SDN planning*) : Permasalahan-permasalahan perencanaan jangka panjang (beberapa tahun) dan menengah (satu tahun) telah dilakukan di atas cakupan perencanaan yang besar (tunggal dan / atau multi tahap). Klasifikasi ini terutama berkaitan dengan pemilihan sejumlah unit-unit sumber energi (DG, DER, RES, REG, storage, ESS, EV, DR, perangkat terkait, dll.) , ukuran dan lokasi sejumlah unit-unit tersebut di dalam SDN.
- 1b. Permasalahan perencanaan off-line (*off-line planning problem*) : Studi-studi perencanaan berbasis skenario off-line (*skenario / model-based*) telah dilakukan untuk skenario operasional yang spesifik, karena secara praktis, permasalahan perencanaan adalah permasalahan off-line. Oleh karena itu, permasalahan yang berkaitan dengan skenario dalam koordinasi dengan

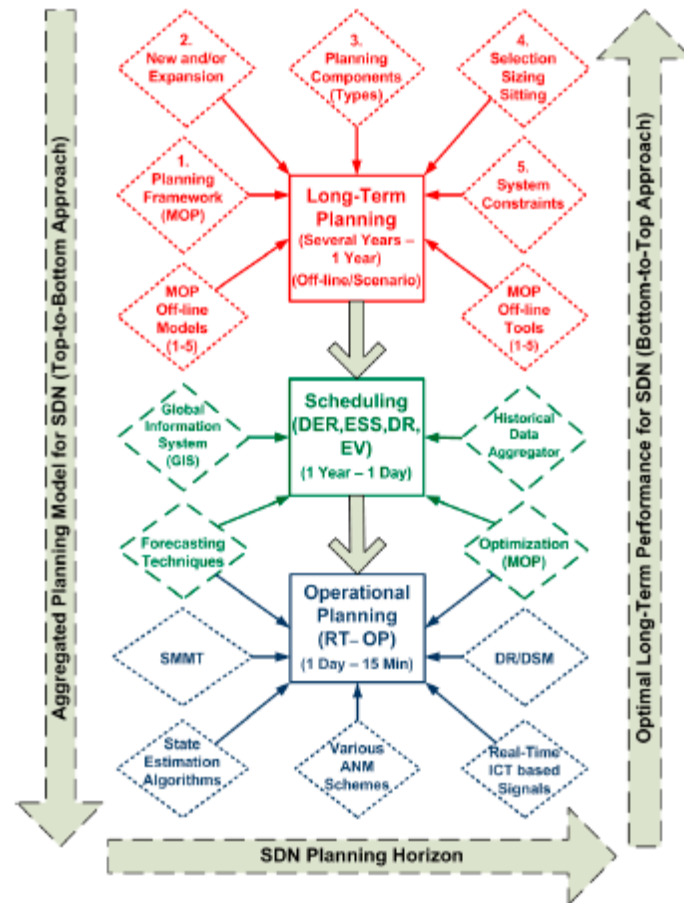
skema berbasis ANM (*active network management*) dianggap sebagai suatu varian dari klasifikasi permasalahan perencanaan off-line.

2. Penjadwalan (*Scheduling*): Studi-studi permasalahan perencanaan medium (musiman-tahun) dan jangka pendek (satu-beberapa hari) telah dilakukan selama rentang yang dijadwalkan (satu hari-satu musim-satu tahun). Klasifikasi ini terutama berkaitan dengan masalah penjadwalan seleksi sumber daya terbarukan (sumber energi) dan peramalan permintaan dalam kerangka SDN
3. Perencanaan operasional waktu riil (*real-time operational planning* - RT-OP): Permasalahan-permasalahan perencanaan operasional waktu riil (15 min-day) telah dipelajari selama rentang operasional jangka pendek. Klasifikasi ini terutama berkaitan dengan permasalahan perencanaan operasional, pemilihan aset dan perubahan topologi berdasarkan algoritma estimasi-keadaan dan sinyal berbasis komunikasi. Selain itu, RT-OP diharapkan menjadi penting dalam operasi-operasi SDN waktu riil yang kompleks.

Tiga klasifikasi perencanaan SDN yang lebih luas dikembangkan, yaitu: jangka panjang (dengan varian off-line), perencanaan penjadwalan dan operasional. Permasalahan RWO (*real world optimization*) berbasis multi objective yang mengarah pada perencanaan SDN harus ditangani dengan cara yang lebih dalam, lebih luas dan terpadu / agregat. Pendekatan primitif berbasis model perencanaan agregat (*aggregated planning model-APM*) telah diusulkan dan bertujuan untuk mengimplementasikan RWO berbasis perencanaan agregat SDN, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.34.

Model perencanaan agregat diterapkan pada konsep DSS-CP sebagai simulator Advanced OPF berbasis HCT. Konsep DSS-CP didisain sesuai *long-term planning* yang bekerja secara *off-line*. Dimana simulator ini bekerja berdasarkan scenario *advanced OPF*. Scenario *Advanced OPF* akan bekerja berdasarkan teknik pengelompokan OPF jaringan RDS secara hirarki. Namun kiranya, DSS-CP benar-benar sudah lengkap dan sempurna dalam pengembangan fitur-fiturnya dapat dilanjutkan proses penjadwalan (*scheduling*) dan perencanaan

operasional (*operational planning*) secara *on-line* dan real time pada jaringan RDS baik pasif maupun aktif.



Gambar 2.34. Model Perencanaan Agregat untuk Konsep MDC di SDN, [211].

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

Bab Metode Penelitian merupakan inti sari pemaparan yang dalam terhadap kerangka penelitian disertasi. Diawali dengan pemodelan dan simulasi perencanaan terkoordinasi memberikan arah untuk menggambarkan suatu model perencanaan terkoordinasi dibangun dalam jaringan RDS. Ketika model perencanaan terkoordinasi diformulasikan maka model tersebut harus disimulasikan sesuai operasi jaringan RDS. Tentunya operasi model dan formulasinya diperlukan metode optimasi yang sesuai. Metode optimasi dengan fungsi obyektif *single/multi* mempengaruhi performansi operasi sistem jaringan distribusi. Integrasi pemodelan, simulasi, dan optimasi perencanaan terkoordinasi direpresentasikan dalam Simulator Perencanaan Terkoordinasi. Simulator ini berupa sistem pengambil keputusan (*Decision Support System-DSS*) merupakan simulator *Advanced OPF-CP-Based on HCT*. Sehingga simulator ini secara tidak langsung sebagai wujud kebaruan (*novelty*) dari target keluaran dalam penelitian disertasi ini.

Simulator bekerja sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan dalam perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS baik yang sifatnya uji (*test*) sistem / mendekati riil sistem. Tentunya semua proses dalam simulator tersebut sudah dilakukan verifikasi dan validasi terhadap hasil-hasil yang ditampilkan. Untuk menunjukkan performansi simulator yang lebih utuh maka simulator tersebut dapat diterapkan perencanaan terkoordinasi pada operasi jaringan RDS yang ada sesungguhnya. Tentunya simulator nantinya kedepan memberikan peranan yang penting dalam pengembangan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS pada penyedia jaringan distribusi. Hal ini merupakan kontribusi dalam penelitian disertasi ini.

Penelitian disertasi ini diusulkan untuk meningkatkan kualitas daya jaringan melalui penyelesaian OPF dalam menganalisis kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS. Penyelesaian OPF yang diterapkan pada kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS disebut penyelesaian *advanced-OPF*. Penyelesaian *advanced-OPF* merupakan penyelesaian OPF lanjut untuk menganalisis rekonfigurasi jaringan, penempatan & penentuan ukuran kapasitor dan penempatan

& penentuan ukuran unit DG secara berurutan maupun serentak/simultan dengan tujuan meningkatkan kualitas daya jaringan RDS melalui meminimumkan rugi-rugi daya saluran, meminimumkan level deviasi tegangan dan memaksimalkan keluaran daya aktif DG dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Kerangka dan ruang lingkup penelitian disertasi ini meliputi :

1. Memformulasikan penyelesaian OPF pada jaringan RDS ( satu phasa dan tiga phasa (seimbang maupun tidak seimbang)) dengan salah satu metode dari beberapa metode yang ada.
2. Penerapan HCT pada Penyelesaian *Advanced-OPF*. *advanced-OPF* berbasis metode *Hierarchical Clustering Technique-HCT* untuk analisis kegiatan perencanaan terkoordinasi pada jaringan sistem distribusi radial, tiga phasa tidak seimbang.
3. Menguji unjuk-kerja penyelesaian *advanced-OPF* berbasis metode *Hierarchical Clustering Technique-HCT* dalam kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan sistem distribusi radial, tiga phasa tidak seimbang pada sistem-sistem IEEE atau sistem riil/nyata.

Kerangka dan ruang lingkup usulan penelitian disertasi ini ditunjukkan pada Gambar 3.1. Jaringan RDS bisa bersifat aktif dan pasif. Jaringan RDS bersifat aktif jika jaringan RDS tersebut tidak hanya bergantung pada sumber jaringan jala-jala PLN tapi juga terkoneksi dengan sumber-sumber pembangkit yang lain yaitu pembangkit terdistribusi (*distributed generation – DG*) baik energi terbarukan (misalnya: sel surya, turbin angin, dan sebagainya) maupun non energi terbarukan (misalnya : diesel). Begitu sebaliknya jaringan RDS bersifat pasif jika sistem jaringan tersebut hanya bergantung pada sumber jaringan PLN saja dan juga tidak terkoneksi dengan sumber-sumber pembangkit yang lain.

Sebelum melakukan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS perlu dilakukan pengujian performansi jaringan melalui analisis aliran daya pada jaringan RDS yang bersifat pasif maupun aktif. Hasil analisis aliran daya berupa rugi-rugi daya dan daya pada saluran, kesetimbangan daya, profil tegangan dan daya aktif keluaran DG. Kriteria aliran daya terpenuhi jika ada penurunan rugi-rugi daya

saluran, penurunan deviasi tegangan antar bus dan peningkatan daya aktif keluaran DG pada saluran bus yang terinjeksi DG.

Jika keberadaan hasil analisis aliran daya kurang memenuhi kriteria maka perencanaan terkoordinasi perlu dilakukan optimasi pada jaringan RDS tersebut. Optimasi yang dilakukan melalui beberapa strategi meliputi :

#### ❖ STRATEGI-I Perencanaan Terkoordinasi Tunggal

**STRATEGI-I Perencanaan Terkoordinasi Tunggal** dilakukan dalam 3 (tiga) tahapan, yaitu :

**LEVEL I-1** Optimasi rekonfigurasi penyulang (*feeder*) pada jaringan RDS.

**LEVEL I-2** Optimasi penempatan dan ukuran kapasitor bank pada jaringan RDS

**LEVEL I-3** Optimasi penempatan dan ukuran pembangkit terdistribusi (DG) pada jaringan RDS.

#### ❖ STRATEGI-II Perencanaan Terkoordinasi Ganda

**STRATEGI-II Perencanaan Terkoordinasi Ganda** dilakukan dalam 3 (tiga) tahapan, yaitu :

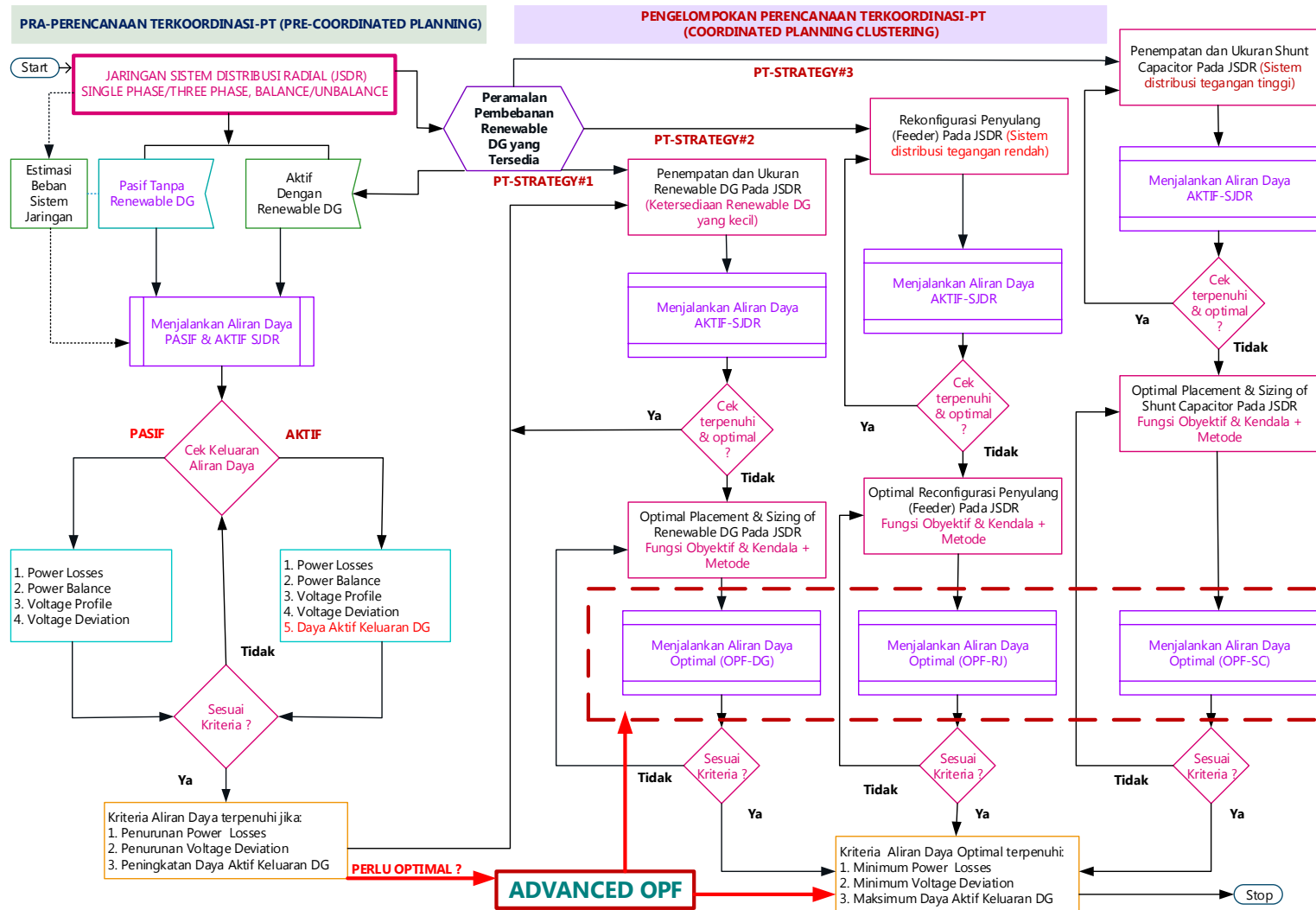
**LEVEL II-1** Optimasi rekonfigurasi penyulang (*feeder*) dan penempatan & ukuran *kapasitor bank* pada jaringan RDS.

**LEVEL II-2** Optimasi rekonfigurasi penyulang (*feeder*) dan penempatan dan ukuran pembangkit terdistribusi dan pada jaringan RDS.

**LEVEL II-3** Optimasi penempatan & ukuran pembangkit terdistribusi dan penempatan & ukuran *kapasitor bank* pada jaringan RDS..

#### ❖ STRATEGI-III Perencanaan Terkoordinasi Lanjut

**STRATEGI-III Perencanaan Terkoordinasi Lanjut** dilakukan dengan mengintegrasikan secara simultan melalui optimasi rekonfigurasi penyulang (*feeder*), penempatan dan ukuran *kapasitor bank* serta penempatan dan ukuran pembangkit terdistribusi serta pada jaringan sistem distribusi radial.



Gambar 3.1. Kerangka dan Ruang Lingkup Penelitian Disertasi.



Ketiga strategi membutuhkan aliran daya optimal (OPF) untuk menganalisis performansi jaringan RDS yang dapat meminimumkan rugi-rugi daya saluran, meminimumkan level deviasi tegangan dan memaksimalkan keluaran daya aktif DG dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala. Hasil ketiga integrasi menghasilkan *advanced-OPF* sebagai metode penyelesaian OPF lanjut untuk menganalisis konfigurasi ulang penyulang, penempatan kapasitor bank dan penempatan DG secara simultan sesuai tujuan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

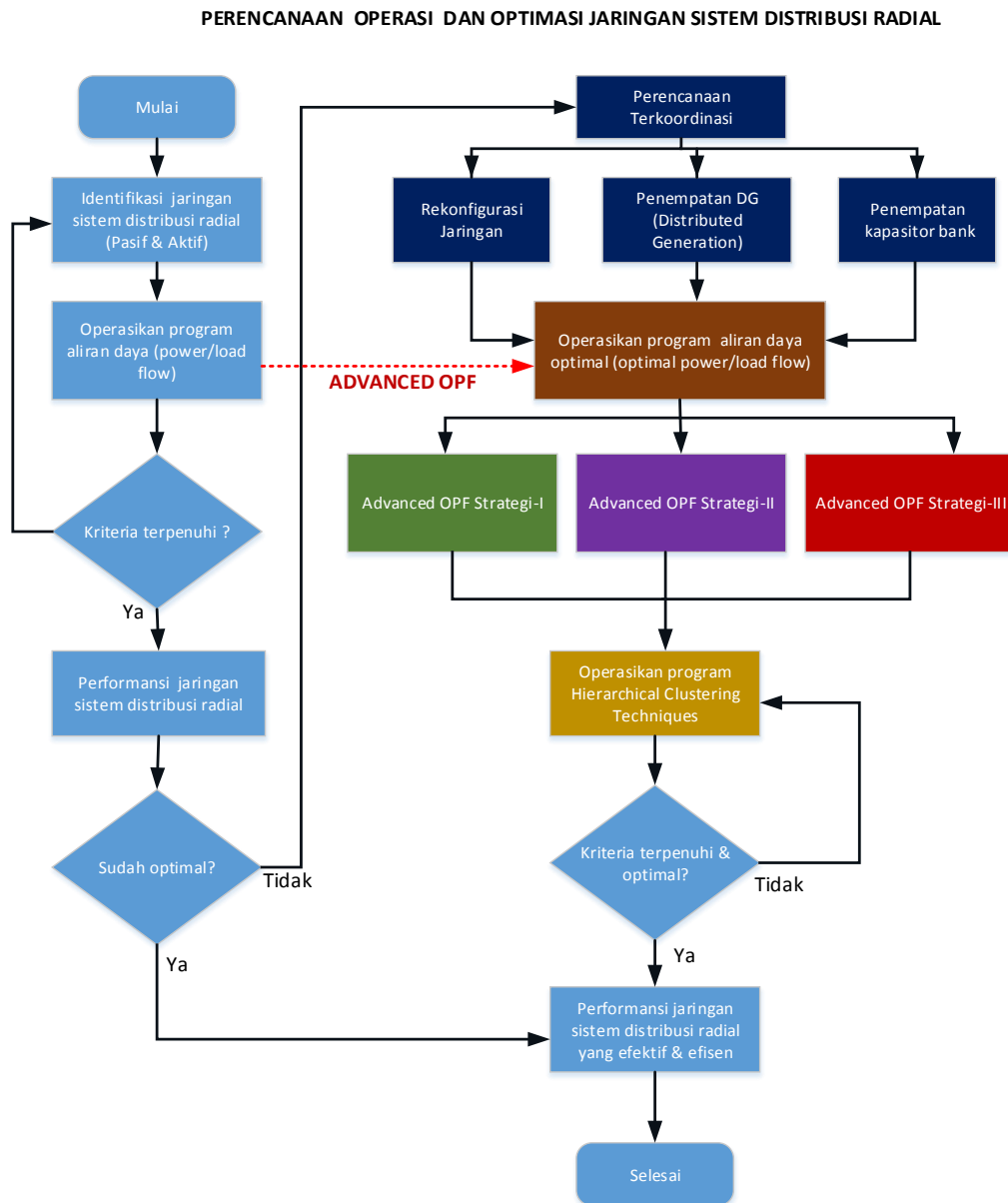
Formulasi dan penyelesaian integrasi *advanced-OPF* yang diusulkan dalam penelitian disertasi ini adalah penerapan teknik pengelompokan hirarki (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) pada kegiatan perencanaan koordinasi. HCT akan mengelompokkan strategi *advanced-OPF* sebagai metode penyelesaian OPF lanjut untuk menganalisis rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor dan penempatan DG secara hirarki dengan tujuan meminimumkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimalkan keluaran daya aktif DG (PDG) dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan sistem distribusi radial. Penerapan HCT pada integrasi *advanced-OPF* pada kegiatan perencanaan terkoordinasi dalam jaringan sistem distribusi radial ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Penerapan HCT pada Penyelesaian Advanced-OPF.

Cluster	Rekonfigurasi Jaringan	Penempatan DG	Penempatan Kapasitor	OPF
<b>STRATEGI-I PERENCANAAN TERKOORDINASI TUNGGAL</b>				
1	KONDISI AWAL (BASE CASE)			
2				SINGLE
3				SINGLE
4				SINGLE
<b>STRATEGI-II PERENCANAAN TERKOORDINASI GANDA</b>				
5				GANDA
6				GANDA
7				GANDA
<b>STRATEGI-III PERENCANAAN TERKOORDINASI SEREMPAK</b>				
8				MULTI

Penerapan HCT pada integrasi *advanced-OPF* dapat ditunjukkan pada diagram alir perencanaan dan operasi jaringan RDS seperti terlihat pada Gambar 3.2. Diagram alir perencanaan dan operasi sistem tersebut sebagai pengembangan

kerangka dan ruang lingkup usulan penelitian disertasi. Performansi *advanced-OPF* berbasis HCT dalam penyelesaian kegiatan perencanaan terkoordinasi diterapkan pada jaringan sistem distribusi radial, tiga fasa tidak seimbang pada sistem standar IEEE atau sistem riil /nyata.



Gambar 3.2. Diagram Alir Perencanaan, Operasi dan Optimasi Jaringan RDS.

Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi akan mempengaruhi perencanaan, operasi dan optimasi jaringan sistem distribusi radial dan sekaligus

meningkatkan performansi kualitas daya jaringan RDS. Pemodelan & simulasi aliran daya pada jaringan RDS menghasilkan performansi dan karakteristik aliran daya, arus dan tegangan, rugi-rugi daya saluran.

Pemodelan dan simulasi aliran daya dilakukan pada jaringan RDS dimana karakteristik awal jaringan RDS dapat dilihat dari performansi jaringan melalui perhitungan simulasi aliran daya melalui metode NT. Perhitungan simulasi aliran daya menekankan pada kondisi jaringan dioperasikan dalam kondisi standar normal.

Pemodelan dan simulasi aliran daya pada jaringan RDS digunakan untuk menentukan penyelesaian keadaan tunak (*steady-state*) pada kondisi pembebanan bus yang diberikan. Penyelesaian aliran daya menghasilkan beberapa informasi meliputi besar tegangan (*voltage magnitude*) dan sudut-sudut fasa (*phase angles*), aliran daya aktif dan reaktif setiap saluran yang dilewati serta total rugi-rugi daya baik aktif maupun reaktif. Hasil penyelesaian aliran daya merupakan informasi yang penting dalam tahap perencanaan jaringan RDS baik perencanaan tradisional maupun perencanaan terkoordinasi dalam penelitian disertasi ini. Penyelesaian aliran daya merupakan analisis dasar (*base case*) pada perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Penyelesaian aliran daya menjadi acuan awal setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi yang meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan (*placement/allocation*) & penentuan ukuran (*sizing*) DG dan penetapan dan penentuan ukuran kapasitor.

Pemodelan dan simulasi aliran daya pada jaringan RDS dalam penelitian disertasi ini menggunakan metode topologi jaringan (*network topology-NT*). Menurut Teng, Eminoglu & Hocaoglu dan Alsaadi & Gholami, Suyanto, dkk. konsep dasar penyelesaian aliran daya melalui Metode NT telah dijelaskan pada Bab 2 sebelumnya, [16], [20], [23], [167], [230]. Ada 5 (lima) langkah penting dalam Metode NT, yaitu :

- Perumusan aliran daya terhadap 2 (dua) simpul : Persamaan ( 2.1 ) – Persamaan ( 2.31 ).
- Penetapan injeksi arus ekivalen : Persamaan ( 2.32 ) – Persamaan ( 2.47 ).
- Formulasi matrik BIBC : Persamaan ( 2.50 ) – Persamaan ( 2.58 ).
- Formulasi matrik BCBV : Persamaan ( 2.59 ) – Persamaan ( 2.74 ).

- Perhitungan tegangan setiap simpul (*bus*) saluran tunggal : Persamaan (2.75) – Persamaan (2.992).

Secara detail, penyelesaian aliran daya melalui Metode NT ditunjukkan pada Gambar 3.3. Setiap perhitungan aliran daya diawali dengan mengidentifikasi jaringan RDS. Jaringan RDS memiliki informasi tegangan sumber sebagai sumber tegangan utama untuk jaringan tersebut. Selain itu, jaringan RDS juga memberikan informasi data impedansi saluran antar simpul/bus (*line impedance*) dan data beban (*load*) setiap bus. Selanjutnya semua informasi jaringan RDS dilakukan perhitungan aliran daya melalui Metode NT. Metode NT akan melakukan 5 tahapan tersebut diatas.

Simulasi penyelesaian aliran daya melalui Metode NT dioperasikan melalui Simulator DSS-CP yang dikembangkan dalam penelitian disertasi ini. Simulator melakukan serangkaian perhitungan aliran daya sesuai dengan identifikasi jaringan RDS yang sudah dikenali. Simulator DSS-CP menghasilkan penyelesaian aliran daya yang dibutuhkan dalam perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Tentunya hasil-hasil penyelesaian aliran daya sangat membantu dalam strategi perencanaan terkoordinasi.

Fitur-fitur Simulator DSS-CP berbasis HCT dalam penyelesaian aliran daya ini adalah Fitur Identifikasi Jaringan RDS, Fitur Aliran Daya Pasif , Fitur Visualisasi DSS-Grafik dan Fitur Data DSS – Numerik. Semua fitur tersebut memfasilitasi tujuan, focus dan target penelitian disertasi yang pertama. Pertama adalah menghasilkan formulasi algoritma aliran daya pada sistem jaringan RDS dengan beberapa metode yang efektif dan efisien. Target keluaran formulasi aliran daya tersebut dapat mengetahui rugi-rugi daya saluran, profil tegangan pada jaringan RDS sebelum terintegrasi DGs.

Fitur-fitur Simulator DSS-CP berbasis HCT dalam penyelesaian aliran daya ini adalah Fitur Identifikasi Jaringan RDS, Fitur Aliran Daya Aktif , Fitur Visualisasi DSS-Grafik dan Fitur Data DSS –Numerik. Semua fitur tersebut memfasilitasi tujuan, focus dan target penelitian disertasi masih yang pertama. Pertama adalah menghasilkan formulasi algoritma aliran daya aktif pada jaringan RDS dengan beberapa metode yang efektif dan efisien. Target keluaran formulasi aliran daya tersebut dapat mengetahui rugi-rugi daya saluran, profil tegangan pada

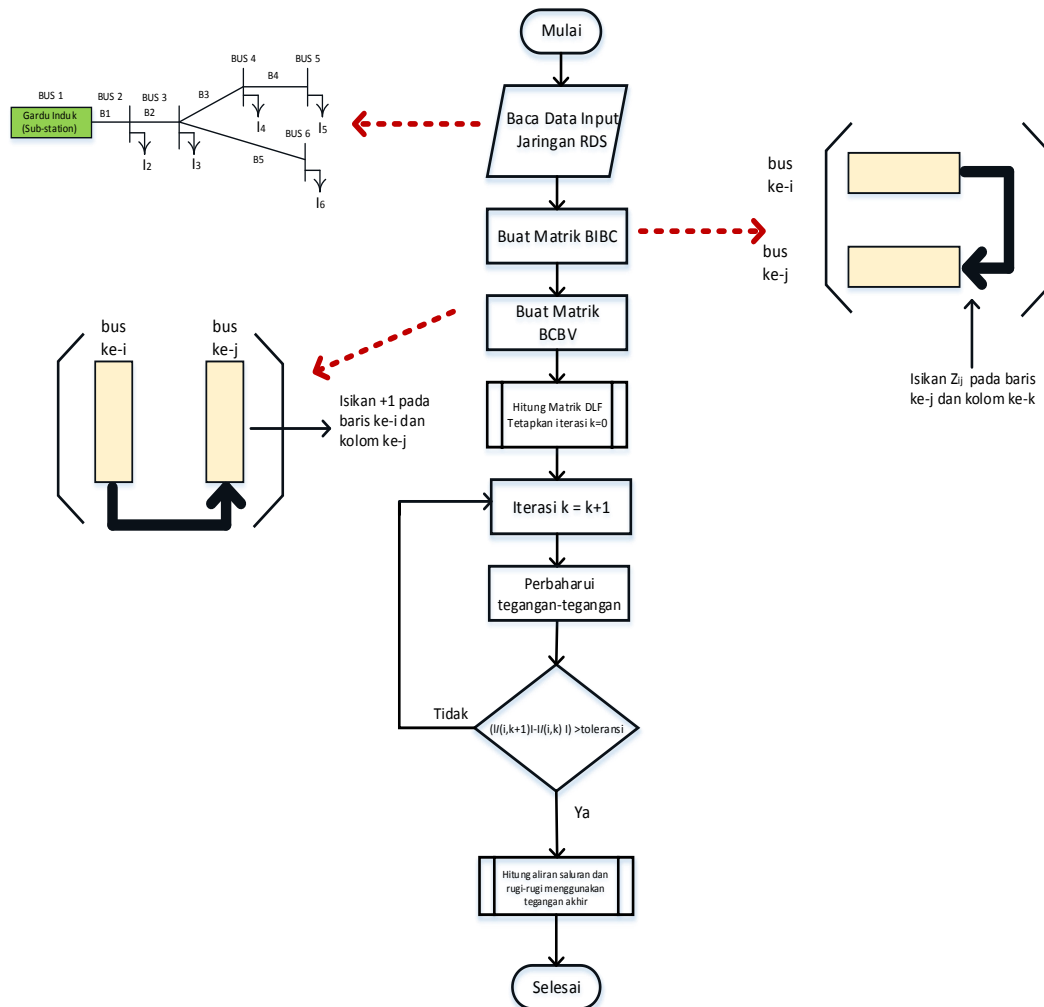
jaringan RDS baik setelah terintegrasi DGs. Integrasi unit-unit DG pada jaringan RDS bisa bervariasi jumlahnya mulai dari 1 (satu) unit DG (*single DG*) atau multi unit DG (*multi DGs*). Performansi integrasi unit-unit DG mempengaruhi operasional sistem distribusi.

Fitur-fitur Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mengilustrasikan keadaan jaringan RDS baik yang sebelum dan sesudah terintegrasi unit-unit DG. Keadaan jaringan RDS berupa perubahan-perubahan yang terjadi pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan seberapa jauh perubahan-perubahan tersebut dapat mempengaruhi aliran daya optimal yang bisa dicapai.

### **3.1 Pemodelan & Simulasi Integrasi Unit-Unit DG Pada Jaringan RDS**

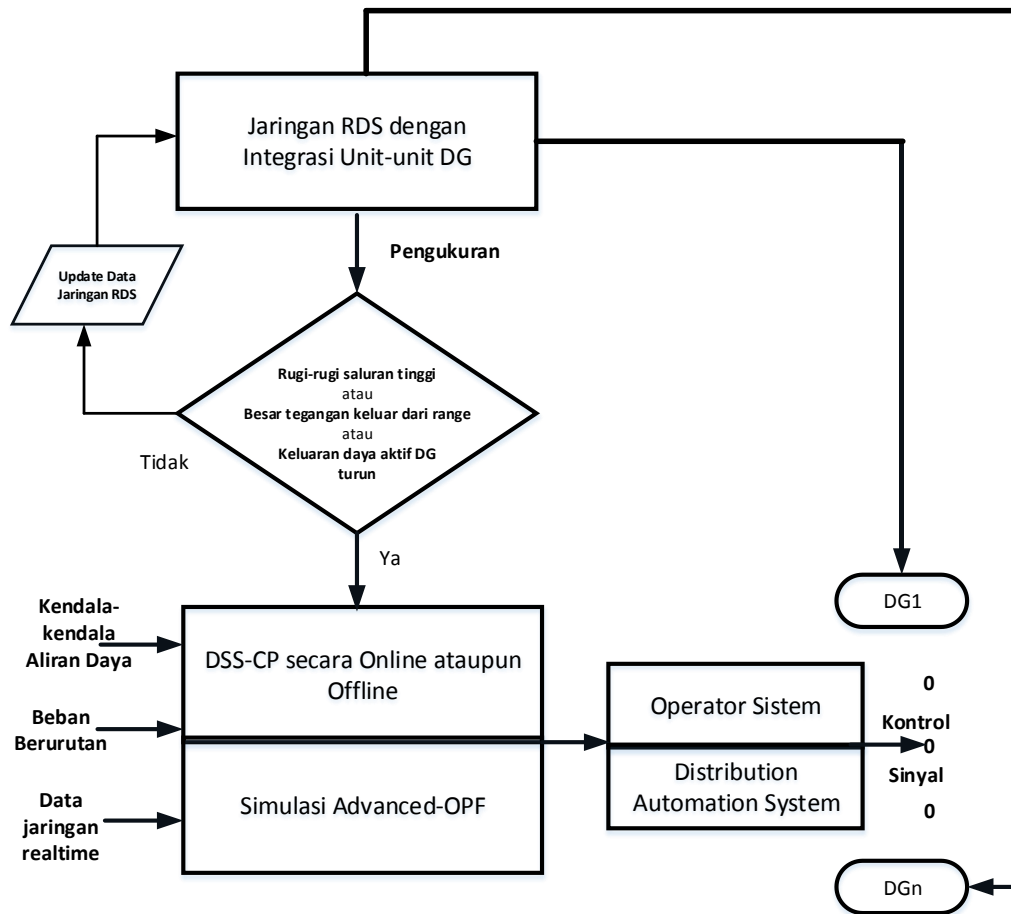
Adanya peningkatan kebutuhan daya listrik menimbulkan beberapa permasalahan terhadap kualitas daya pada jaringan RDS. Hal ini merupakan peluang untuk melakukan pengembangan dan pembaharuan pada jaringan RDS untuk meningkatkan kualitas pelayanan listrik kepada pelanggan. Integrasi Unit-unit DG yang tersebar di tingkat jaringan distribusi merupakan salah satu solusi yang dapat meningkatkan kualitas daya listrik. Integrasi Unit-unit DG juga dapat mengurangi drop tegangan, mengurangi rugi – rugi daya pada saluran, memperbaiki tingkat keandalan dan parameter keamanan teknis serta mengurangi kemampuan aliran arus pada saluran jaringan RDS.

Pemodelan dan simulasi integrasi unit-unit DG pada jaringan RDS dapat ditunjukkan pada Gambar 3.4. Pemodelan dan simulasi integrasi unit-unit DG tersebut merupakan manajemen aliran daya yang optimal pada jaringan RDS. Setiap integrasi unit-unit DG mempengaruhi kinerja jaringan RDS terutama pada rugi-rugi saluran semakin turun dan profil tegangan setiap simpul (bus) berada di daerah yang ditetapkan. Analisis aliran daya selalu memperbaharui kinerja jaringan RDS yang disesuaikan kondisi urutan beban pada saat itu serta kondisi data jaringan yang ada baik secara waktu nyata (*real time*) ataupun keadaan tunak (*steady state / time invariant*). Kondisi untuk meminimumkan rugi-rugi daya saluran dan drop tegangan, peranan aliran daya optimal sangat perlu dilakukan.



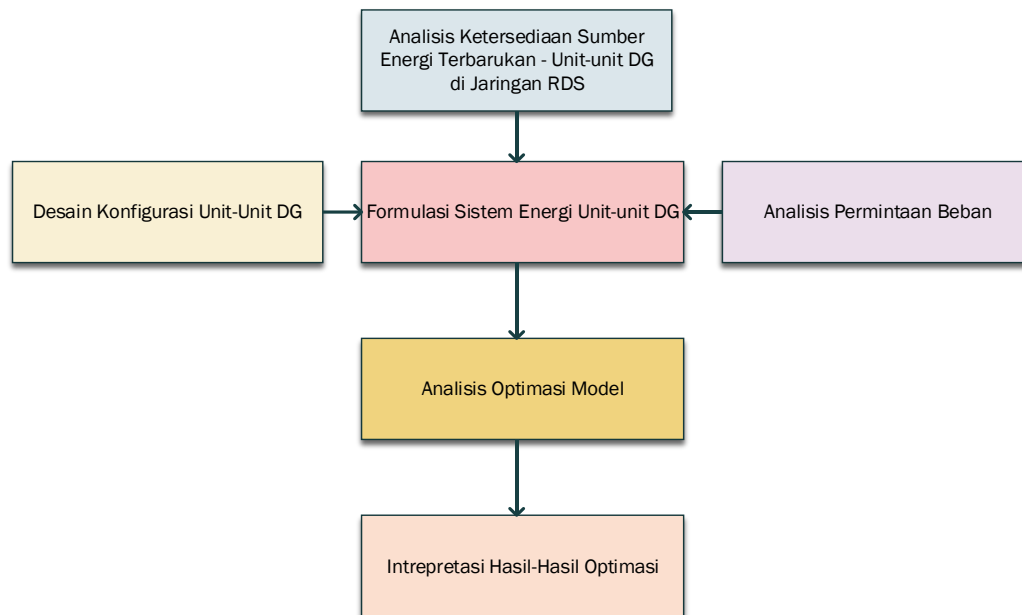
Gambar 3.3. Diagram Alir Penyelesaian Aliran Daya Melalui Metode NT.

Theo,dkk, kerangka perencanaan DG berbasis energi terbarukan yang lengkap terdiri dari beberapa elemen kunci, yaitu rancangan konfigurasi sistem DG (*design of DG system configuration*), analisis ketersediaan sumber daya energi terbarukan (*renewable energy resource availability analysis*), analisis permintaan beban(*load demand analysis*), perumusan model sistem energi DG (*formulation of DG energy system model*), analisis optimasi model (*model optimization analysis*), dan interpretasi hasil optimasi (*optimization result interpretation*) [123].



Gambar 3.4. Pemodelan & Simulasi Integrasi Unit-Unit DG Pada Jaringan RDS.

Unsur-unsur ini diimplementasikan secara berurutan, seperti yang digambarkan pada Gambar 3.5. Ketika rancangan konfigurasi system DG diintegrasikan pada jaringan RDS, analisis ketersediaan sumber energy terbarukan harus dilakukan dengan mempertimbangkan seberapa jauh hasil analisis permintaan beban mengalami perubahan selalu meningkat. Kondisi riil permintaan beban jaringan RDS mengalami perubahan peningkatan yang signifikan seiring dengan peningkatan kebutuhan tenaga listrik. Tentunya analisis optimasi model perlu dikembangkan karena permintaan beban tidak linier dengan ketersediaan sumber energy terbarukan. Penyelesaian optimasi model dapat disimulasikan melalui metode analitik, metode numerik dan metode heuristic. Setiap metode memiliki karakteristik tersendiri sehingga intepretasi hasil optimasi model memberikan penyelesaian yang optimal dalam perencanaan dan operasi system distribusi.



Gambar 3.5. Kerangka Perencanaan Unit-unit DG untuk Tujuan Optimasi, [157].

Kerangka perencanaan unit-unit DG untuk tujuan optimasi berpengaruh terhadap penyelesaian aliran daya optimal pada kegiatan perencanaan terkoordinasi pada jaringan RDS. Rekonfigurasi jaringan, penempatan/aloasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG, penempatan/aloasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor mmepengaruhi unjuk kerja operasional jaringan RDS.

### 3.2 Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Optimal (Optimal Power Flow-OPF) Pada Jaringan RDS

Pemodelan & simulasi aliran daya optimal (OPF) yang mengacu pada Persamaan ( 2.93 ) dan Persamaan ( 2.94 ) adalah tool yang efisien untuk memecahkan masalah operasi dan perencanaan dalam jaringan RDS. Biasanya, OPF bertujuan untuk meminimalkan rugi-rugi saluran atau untuk memaksimalkan keluaran daya output unit DG dengan tetap memperhatikan keseimbangan daya, batas-batas beban saluran dan kendala-kendala kapasitas saluran.

Problem OPF merupakan problem mendasar (*fundamental*) dalam perencanaan dan operasi jaringan RDS. Pemodelan & simulasi problem OPF



berusaha untuk mengoptimasi tujuan tertentu seperti rugi-rugi daya yang memenuhi persamaan-persamaan aliran daya dan kendala-kendala operasional jaringan RDS. Tujuan pemodelan & simulasi problem OPF pada jaringan RDS adalah untuk meminimalkan rugi-rugi saluran daya aktif dalam sistem tersebut sehingga mendapatkan sesuai profil tegangan yang dapat diterima.

Menurut Sheng,dkk, pemodelan & simulasi problem OPF berusaha untuk bagaimana menjaga beban-beban pada bus untuk mengoptimalkan tujuan tertentu seperti untuk meminimalkan rugi-rugi daya yang hilang dalam jaringan RDS. Pemodelan & simulasi penyelesaian problem OPF menjadi semakin penting ketika injeksi/penetrasi unit DG pada jaringan RDS dan beban-beban jaringan yang dapat dijaga tidak sampai terjadi pelepasan beban (*load shedding*), [126].

Pembangkitan unit DG sulit untuk diprediksi, tidak seperti pada pembangkitan tradisional yang siap mengikuti kebutuhan permintaan beban. Sementara itu, beban-beban yang dapat diatur memberikan potensi yang signifikan untuk kompensasi keacakan (*intermittent compensation*) keluaran unit DG . Untuk memadukan DG dan merealisasikan potensi beban-beban yang dapat diatur, penyelesaian permasalahan OPF pada jaringan RDS tidak bisa dihindari.

Permasalahan OPF sekarang adalah sulit memecahkan kendala-kendala analisis aliran daya yang tidak konvergen (*nonconvex*). Secara umum, ada 3 (tiga) cara menangani permasalahan OPF dalam jaringan RDS, yaitu pertama adalah linierisasi fungsi-fungsi kendala dalam aliran daya. Kedua adalah pencarian lokal optimum dan terakhir adalah melakukan konveksivitas kendala-kendala aliran daya. Kendala-kendala aliran daya dapat didekati dengan beberapa kendala linier seperti dalam jaringan transmisi, dan kemudian permasalahan OPF dapat dikurangi melalui program linier. Penanganan permasalahan OPF banyak digunakan dalam praktek pada jaringan transmisi, tetapi tidak berlaku untuk jaringan RDS.

Pemodelan & simulasi OPF pada jaringan RDS meliputi :

#### ❖ Formulasi OPF – Fungsi-fungsi Obyektif (FO)

Formulasi OPF adalah solusi terpusat yang mempengaruhi keseluruhan jaringan RDS. Hal ini biasanya formulasi OPF digunakan untuk menentukan status operasi optimal jaringan RDS tersebut sehubungan dengan kendala-kendala sistem

distribusi. Ada tiga tujuan yang dipertimbangkan dalam model optimasi, yang meliputi meminimumkan rugi-rugi daya saluran jaringan (*minimization of line losses*), meminimumkan deviasi tegangan (*minimization of voltage deviation*) dan memaksimumkan daya aktif keluaran unit-unit DG (*maximisation active power output of DG units*) dalam jaringan RDS yang mempertimbangkan injeksi DG.

#### ❖ FO-1: Minimization of line losses ( $S_{LOSS}$ )

Rugi-rugi daya saluran ( $S_{LOSS}$ ) dihitung dengan cara menjumlahkan kerugian daya pada setiap saluran. Kerugian daya setiap saluran yang menghubungkan simpul i ke simpul j dapat diturunkan sebagai berikut :

$$I_{ij} = I_{losses} = y_{ij} (V_i - V_j) \quad (3.1)$$

$$I_{ji} = -I_{losses} = -y_{ij} (V_i - V_j) \quad (3.2)$$

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* \quad (3.3)$$

$$S_{ji} = V_j I_{ji}^* \quad (3.4)$$

$$S_{Losses} = S_{ij} + S_{ji} \quad (3.5)$$

Rugi-rugi daya aktif saluran PLOSS dapat diperoleh dari

$$P_{LOSSES(i,j)} = \text{real}(S_{Losses}) = \text{real}(S_{ij} + S_{ji}) \quad (3.6)$$

Fungsi obyektif pertama adalah meminimumkan rugi-rugi daya aktif saluran sistem setelah diinjeksi DG ke dalam sistem jaringan distribusi radial. Fungsi obyektif tersebut dapat dinyatakan seperti Persamaan ( 3.7).

$$\min F_1(x) = \sum_{j=1}^n P_{Loss(i,j)} \quad (3.7)$$

dimana B adalah kumpulan cabang-cabang jaringan RDS, dan  $(i, j) \in B$  artinya  $(i, j)$  adalah dua simpul dari suatu cabang.  $V_i$  dan  $V_j$  adalah magnitude-magnitude tegangan simpul  $i$  dan  $j$ ,  $y_{ij}$  adalah konduktansi antara simpul-simpul  $i$  dan  $j$ .

---

**❖ FO-2: Minimization of voltage deviation( $\Delta VOLT$ )**

---

Fungsi obyektif kedua adalah untuk meminimalkan tegangan deviasi antara tegangan simpul dan magnitude tegangan yang ditentukan (*spesifik*). Besarnya tegangan simpul merupakan indikator penting untuk mengevaluasi sistem keamanan dan kualitas daya (*power quality*). Meminimalkan deviasi tegangan dapat membantu untuk menjamin level tegangan yang lebih baik dalam jaringan RDS. Seperti yang ditunjukkan pada Persamaan ( 3.8).

$$\min F_2(x) = \sum_{i=0}^n \left( \frac{V_i - V_i^{spec}}{V_i^{\max} - V_i^{\min}} \right)^2 \quad (3.8)$$

dimana  $V_i^{spec}$  adalah magnitude tegangan tertentu (specified).  $V_i^{\max}$  dan  $V_i^{\min}$  secara berturut-turut adalah batas atas dan batas bawah dari tegangan dari simpul  $i$ .

---

**❖ FO-3: Maximization active power output of DG units (PDG)**

---

Fungsi obyektif ketiga adalah untuk memaksimalkan daya aktif keluaran unit-unit DG. Fungsi obyektif tersebut dapat dinyatakan seperti Persamaan (3.9).

$$\max F_3(x) = \sum_{i=1}^{N_{DG}} P_{DG_i} \quad (3.9)$$

dimana  $P_{DG_i}$  adalah daya aktif ke  $i$  dan  $N_{DG}$  adalah jumlah unit-unit DG.

#### ❖ Normalisasi – Fungsi-fungsi Obyektif (FO)

Optimasi beberapa fungsi obyektif yang utama dapat ditransformasikan ke optimasi fungsi obyektif tunggal melalui normalisasi setiap fungsi obyektif. Normalisasi beberapa fungsi obyektif dapat dinyatakan seperti Persamaan (3.10).

$$\min F(x) = w_1 \frac{F_1(x)}{F_1^0} + w_2 \frac{F_2(x)}{F_2^0} - w_3 \frac{F_3(x)}{F_3^0} \quad (3.10)$$

dimana  $w_1$ ,  $w_2$  dan  $w_3$  masing-masing faktor pembobot dari setiap fungsi obyektif dan penjumlahan masing-masing factor pembobot memenuhi  $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ ,  $w_i > 0$  ( $i=1,2,3$ ). Penentuan faktor pembobot – faktor pembobot bisa dilakukan secara manual dan heuristic melalui algoritma genetika.  $F_1^0$ ,  $F_2^0$  dan  $F_3^0$  masing-masing adalah nilai-nilai fungsi obyektif sebelum optimasi.

#### ❖ Kendala-kendala (*constraints*)– Fungsi-fungsi Obyektif (FO)

Ada beberapa kondisi kendala yang dipertimbangkan dalam model optimasi, yang meliputi kendala-kendala persamaan-persamaan aliran daya, tegangan simpul dan batas-batas termal.

#### ❖ Kendala-kendala (*constraints*)– Fungsi-fungsi KESAMAAN

$$P_{DG_i} - P_{di} = V_i \sum_{j=1}^n V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) \quad (3.11)$$

$$Q_{DG_i} - Q_{di} = V_i \sum_{j=1}^n V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \quad (3.12)$$

Dimana  $P_{DG_i}$  dan  $Q_{DG_i}$  masing-masing adalah daya aktif keluaran pembangkit dan daya reaktif keluaran pembangkit, sedangkan  $P_{di}$  dan  $Q_{di}$  masing-masing adalah daya aktif beban dan daya reaktif beban pada simpul  $i$ . Sedangkan  $G_{ij}$  dan  $B_{ij}$  masing-masing adalah bagian real dan bagian imajiner dari simpul matrik admitansi dan  $n$  adalah jumlah bus.

---

❖ **Kendala-kendala (*constraints*)– Fungsi-fungsi KETIDAKSAMAAN**

---

Batas-batas pembangkit unit-unit DG

$$P_{DGi}^{\min} \leq P_{DGi} \leq P_{DGi}^{\max} \quad (3.13)$$

$$Q_{DGi}^{\min} \leq Q_{DGi} \leq Q_{DGi}^{\max} \quad (3.14)$$

Batas-batas kapasitor bank

$$Q_{CAPi}^{\min} \leq Q_{CAPi} \leq Q_{CAPi}^{\max} \quad (3.15)$$

Batas-batas tegangan saluran

$$V_i^{\min} \leq V_i \leq V_i^{\max} \quad (3.16)$$

$$V_i^{\min} = \frac{V_{base} - 5\% \times V_{base}}{V_{base}} \quad (3.17)$$

$$V_i^{\max} = \frac{V_{base} + 5\% \times V_{base}}{V_{base}} \quad (3.18)$$

Dalam kendala-kendala ketidaksamaan,  $P_{DGi}^{\min}$ ,  $P_{DGi}^{\max}$ ,  $Q_{DGi}^{\min}$ ,  $Q_{DGi}^{\max}$ ,  $Q_{CAPi}^{\min}$  dan  $Q_{CAPi}^{\max}$  masing-masing adalah batas-batas bawah/atas daya aktif/reaktif dari unit pembangkit DG dan batas-batas bawah/atas daya reaktif dari kapasitor bank.  $V_i^{\min}$  dijaga pada nilai 0,95 (95%) p.u dan  $V_i^{\max}$  dijaga pada nilai 1,05 (105%) p.u.

### 3.3 Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Pada Jaringan RDS

Formulasi pemodelan dan simulasi *advanced-OPF* pada jaringan RDS dalam penelitian disertasi ini adalah pertama adalah bagaimanakah pengaruh perencanaan terkoordinasi (*coordinated planning*) lebih efektif dalam mereduksi rugi-rugi daya saluran? Kedua, algoritma OPF apa yang performasinya terbaik untuk menyelesaikan masalah penurunan rugi-rugi daya saluran? Ketiga, algoritma OPF apa yang performansinya terbaik untuk menyelesaikan fungsi obyektif tunggal dan fungsi obyektif ganda? Keempat, bagaimanakah pengaruh formulasi algoritma penyelesaian OPF untuk perencanaan terkoordinasi dan pengembangan metode penyelesaian OPF lanjut (*advanced-OPF*) digunakan untuk peningkatan kualitas daya perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor bank, dan penempatan unit-unit DG merupakan tiga metode utama untuk pengurangan rugi-rugi daya saluran dalam jaringan RDS. Penelitian yang menarik untuk konfigurasi ulang jaringan dengan penempatan simultan dari kapasitor bank, unit-unit DG, dan yang saling tergantung satu sama lain. Selain itu, pilihan perencanaan tradisional merupakan penambahan atau perluasan gardu induk - gardu induk dan saluran-saluran secara bersamaan perlu dipertimbangkan. Perencanaan terkoordinasi dapat memberikan manfaat yang maksimal bagi pengelola jaringan RDS. Selain itu, perencanaan terkoordinasi dapat mengevaluasi kelayakan investasi DG dibandingkan perencanaan tradisional tersebut, dengan asumsi bahwa investasi DG diijinkan sesuai perencanaan sistem jaringan RDS.

Alokasi unit-unit DG lebih difokuskan untuk tercapainya inter koneksi antar jaringan lebih efisien ketika keluaran pembangkit-pembangkit DGnya kecil (misalnya: *wind farm* terisolasi atau *plant photovoltaic* kecil yang masuk jaringan RDS). Alokasi unit-unit DG menunjukkan potensi yang jelas ke depan adalah meminimumkan rugi-rugi daya jaringan. Namun demikian, alokasi unit-unit DG menghadapi permasalahan dan implementasi dan instalasi yang kompleks.

Metode penempatan kapasitor bank lebih bagus dioperasikan pada jaringan RDS tegangan tinggi (*high voltage* – HV) karena metode tersebut handal dan sangat mudah diterapkan. Namun terlepas metode ini dapat meminimumkan rugi-rugi daya saluran, tetapi metode ini masih memiliki keunggulan yang terbatas jika dibandingkan dengan metode penempatan unit-unit DG pada jaringan RDS.

Penelitian disertasi ini mengembangkan dan menerapkan OPF dalam kegiatan CP untuk menghasilkan strategi terbaik melalui sejumlah kombinasi alternatif yang mungkin baik secara berurutan (*sequensial*) maupun bersamaan (*simultaneous*) yang dipecahkan melalui penyelesaian aliran daya optimal lanjut (*Advanced-Optimal Power Flow* – *Advanced* - *OPF*). Pemodelan & simulasi advanced OPF-CP pada jaringan RDS memiliki varian yang luas. Advanced OPF-CP yang dikaji dalam penelitian disertasi ini tidak sebatas pada CP sendiri saja tetapi juga kombinasi antar CP. Ruang lingkup pemodelan & simulasi advanced OPF-CP pada jaringan RDS terdiri dari atas:

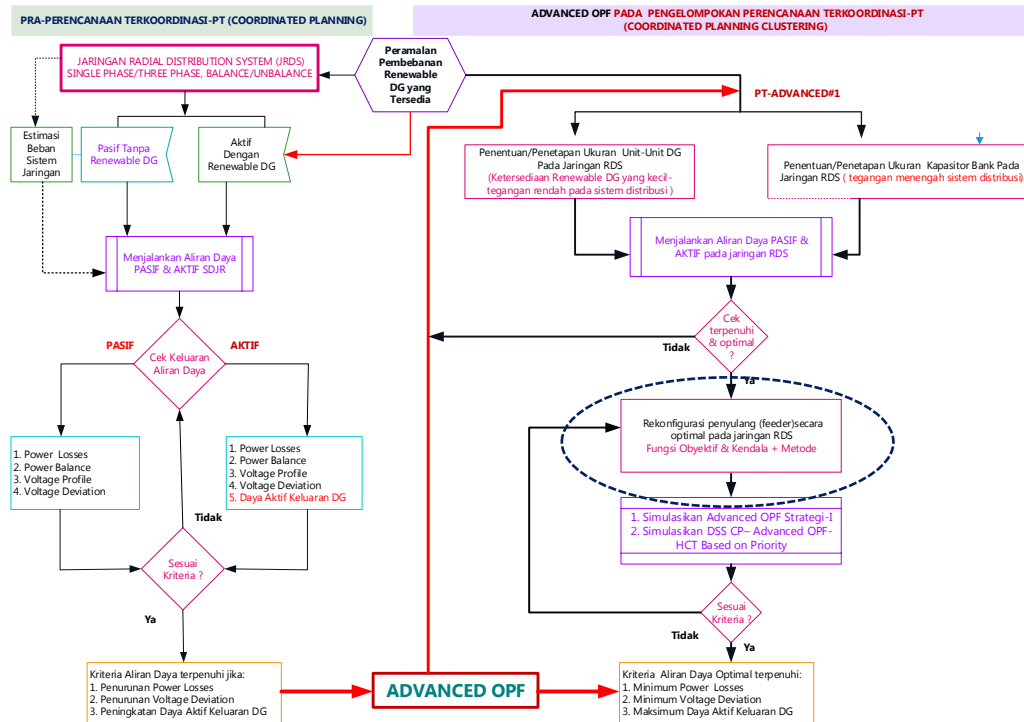
<b>Advanced OPF-CP# 1</b>	: Rekonfigurasi Jaringan
<b>Advanced OPF-CP # 2</b>	: Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank
<b>Advanced OPF-CP # 3</b>	: Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG
<b>Advanced OPF-CP # 4</b>	: Rekonfigurasi Jaringan - Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank
<b>Advanced OPF-CP # 5</b>	: Rekonfigurasi Jaringan - Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG.
<b>Advanced OPF-CP # 6</b>	: Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank - Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG
<b>Advanced OPF-CP # 7</b>	: Rekonfigurasi Jaringan - Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank - Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG .

### 3.3.1 Advanced OPF-CP#1-Rekonfigurasi Jaringan

Beberapa publikasi penelitian yang berhubungan meminimumkan rugi-rugi melalui kegiatan teknik rekonfigurasi jaringan telah didiskusikan pada BAB II. Beberapa jenis teknik-teknik meminimumkan rugi-rugi diterapkan pada jaringan RDS tegangan rendah. Daya sebagai sumber utama jaringan RDS dialirkan secara berulang dari satu bus ke bus berikutnya dan dikonfigurasi dengan membuka atau menutup saklar-saklar penghubung (*tie switches*) untuk kondisi terbuka (*normally open*) dan saklar-saklar pembuka (*sectionalizing switches*) untuk kondisi tertutup (*normally close*). Jaringan RDS memiliki suatu kombinasi beban-beban komersial (*commercial loads*), beban-beban rumah tangga (*residential loads*) dan beban-beban lampu (*lighting loads*). Gardu induk jaringan RDS diperankan pada pembebanan yang berat di saat-saat tertentu dan pembebanan ringan atau normal di saat yang berbeda dalam sehari. Rekonfigurasi mengikuti alur permintaan beban puncak, memperbaiki profil tegangan dan meningkatkan kehandalan (*reliability*) sistem. Selain itu, rekonfigurasi jaringan juga diaplikasikan pada restorasi layanan saat kondisi gagal, keseimbangan beban, target perencanaan untuk pemeliharaan, meminimumkan seringnya interupsi layanan dan meminimumkan rugi-rugi saluran/penyulang (*feeder*).

Kunci dasar operasi rekonfigurasi jaringan adalah operasi pensaklaran (*switching operation*). *Tie switch* tertutup pada transfer beban dari satu penyulang ke yang lainnya. Sementara sectioning switch terbuka untuk mempertahankan

struktur radial. Karena ada beberapa kandidat rekonfigurasi jaringan RDS terjadi status switch secara diskrit. Sehingga rekonfigurasi jaringan dipertimbangkan sebagai persoalan optimasi diskrit, kombinasi kendala-kendala dan tidak dapat diturunkan.



Gambar 3.6. Advanced OPF-CP#1-Rekonfigurasi Jaringan.

Dalam penelitian disertasi ini, rekonfigurasi jaringan disimulasikan pada kondisi operasi normal. Rekonfigurasi jaringan dilakukan untuk mengurangi rugi – rugi daya saluran dan mendapatkan pembebanan yang seimbang. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kelebihan beban atau ketidakseimbangan beban pada jaringan RDS. Perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS dengan rekonfigurasi jaringan ditunjukkan pada Gambar 3.6. Tahapan kegiatan rekonfigurasi jaringan secara detail telah ditunjukkan pada bab sebelumnya.

Rekonfigurasi jaringan melakukan perubahan topologi jaringan dengan mengubah status tutup dan buka pada *tie switch* dan *sectionilizing switch* dengan mempertahankan jaringan RDS tetap dalam keadaan radial. Simulasi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan menggunakan metoda *Genetic Algorithm* (GA) ini



menghasilkan solusi berupa status tutup dan buka pada *tie switch* dan *sectionilizing switch* pada bus –bus yang terhubung. Secara umum, Rekonfigurasi Jaringan dengan Metode Kecerdasan Buatan – (*Genetic Algorithm* – GA) disajikan dalam diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7.

Optimasi rekonfigurasi penyulang pada jaringan RDS dilakukan dengan menetapkan kriteria advanced-OPF dengan mempertimbangkan fungsi *multi-obyektif* dan batasan-batasan yang memenuhi fungsi *multi-obyektif*. Simulasi rekonfigurasi penyulang dapat dilakukan pada beberapa model jaringan RDS sehingga rekonfigurasi jaringan dapat mempengaruhi performansi perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS.

Rekonfigurasi penyulang pada jaringan RDS memiliki ragam perubahan topologi jaringan yang banyak dengan melakukan perubahan status tutup dan buka pada *tie switch* dan *sectionilizing switch*. Karena kondisi hal tersebut, Advanced OPF-CP#1-Rekonfigurasi Jaringan memiliki peranan yang penting untuk mendapatkan konfigurasi penyulang yang paling optimal sehingga jaringan RDS tetap dalam keadaan radial tetap dipertahankan.

Abdelaziz, *Genetic Algorithm (GA)* digunakan untuk menemukan perubahan status tutup dan buka pada *tie switch* dan *sectionilizing switch* yang paling optimal dari perubahan konfigurasi jaringan, [68]. Dengan menggunakan prinsip evolusi yang ada di alam, dalam GA memiliki istilah-istilah yang sama dengan proses seleksi ilmiah yang ada di alam. Diagram alir (*flowchart*) untuk *Genetic Algorithm* ditunjukkan pada Gambar 3.8.

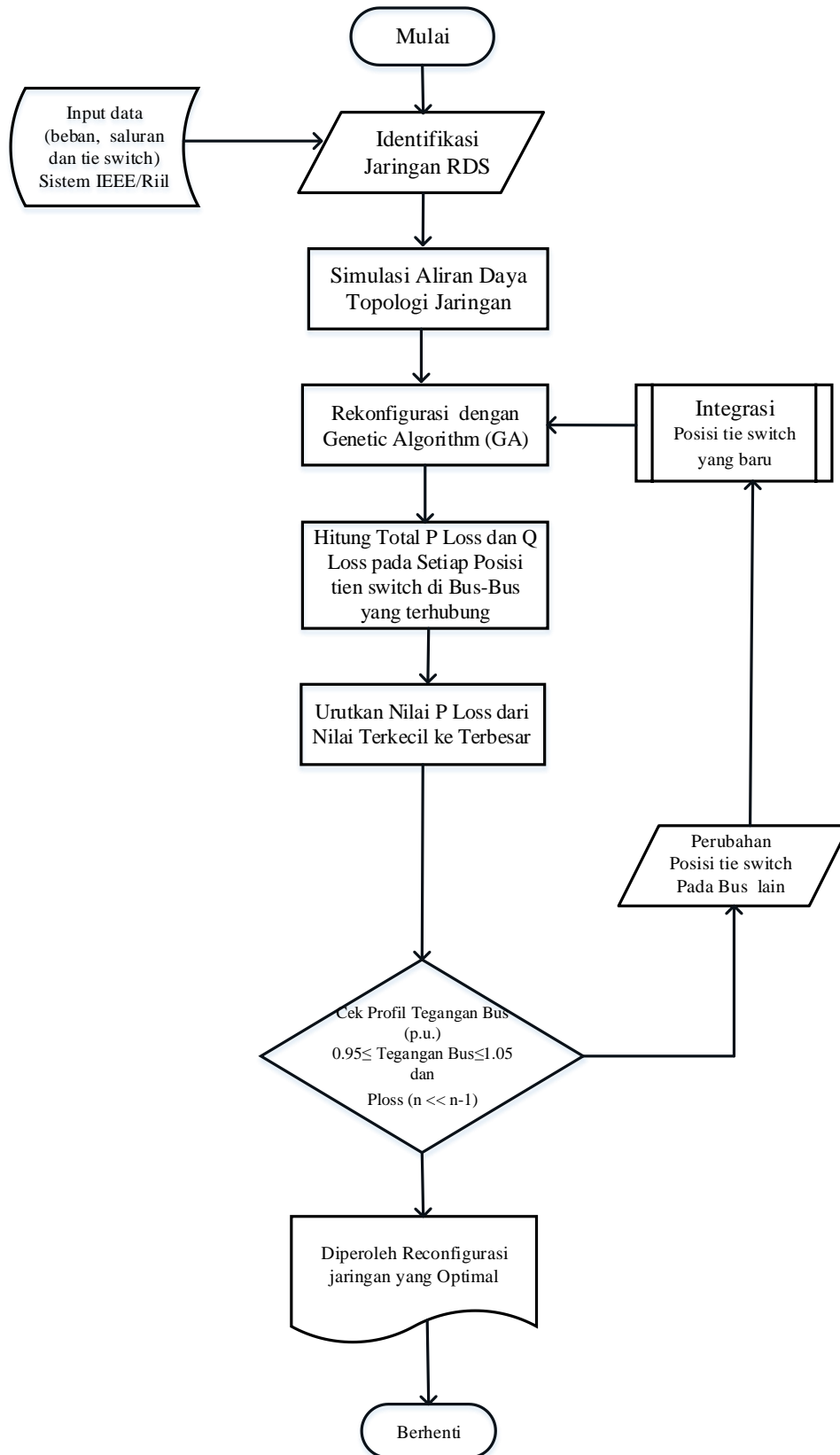
Bentuk umum urutan dari *Genetic Algorithm* adalah sebagai berikut :

➤ **Membangkitkan populasi awal**

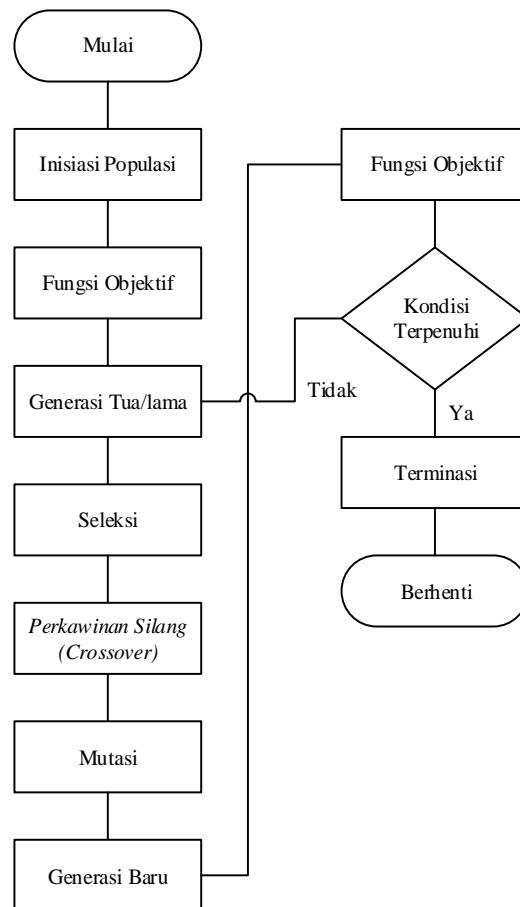
Populasi awal ini dibangkitkan secara random sehingga didapatkan solusi awal. Populasi itu terdiri atas sejumlah kromosom yang merepresentasikan solusi yang diinginkan.

➤ **Membentuk generasi baru**

Untuk membentuk generasi baru, digunakan operator reproduksi/ seleksi, crossover dan mutasi. Crossover adalah memindah silang antar 2 induk untuk mendapatkan 2 keturunan yang baru.



Gambar 3.7. Diagram Alir Rekonfigurasi Jaringan dengan Metode Kecerdasan Buatan – (*Genetic Algorithm – GA*).



Gambar 3.8. Diagram Alir *Genetic Algorithm*, [75].

Mutasi adalah merubah satu atau beberapa sel pada kromosom untuk membentuk individu baru dan seleksi adalah proses pemilihan induk yang akan mengalami evolusi.

Ada beberapa proses seleksi yang biasa digunakan yaitu seleksi roda rolet (*roulette wheel selection*), seleksi ranking (*rank selection*) dan seleksi turnamen (*tournament selection*).

Proses ini dilakukan berulang-ulang sehingga didapatkan jumlah kromosom yang cukup untuk membentuk generasi baru dimana generasi baru ini merupakan representasi dari solusi baru. Generasi baru ini dikenal dengan istilah anak.

#### ➤ **Evaluasi solusi**

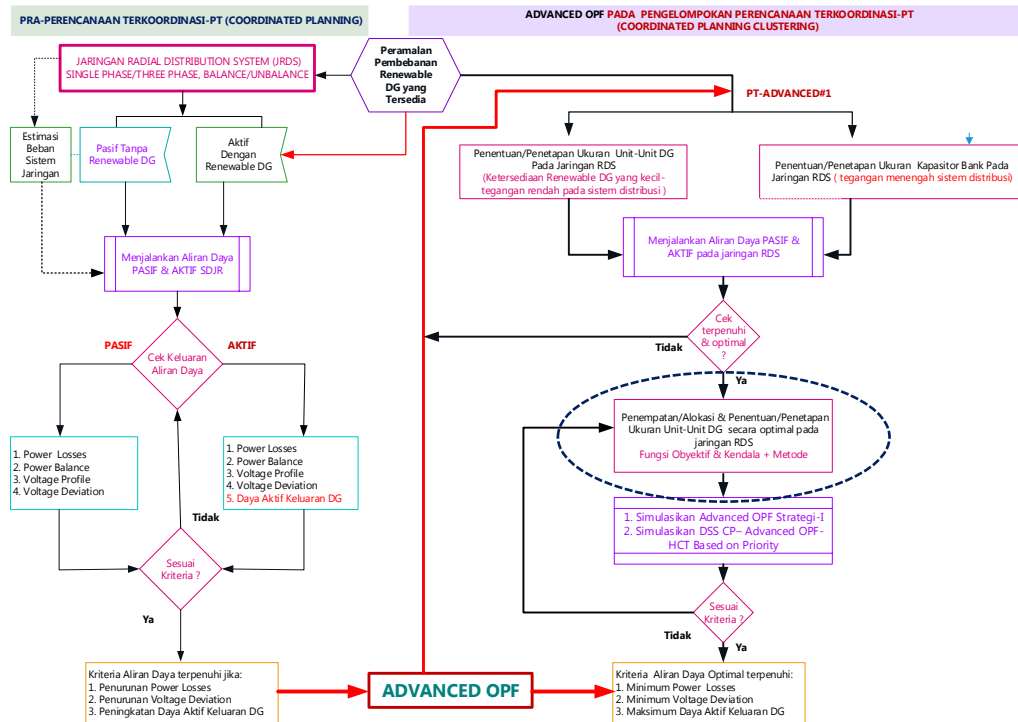
Pada tiap generasi, kromosom akan melalui proses evaluasi dengan menggunakan alat ukur yang dinamakan fitness. Nilai dari fitness ini didapatkan dari fungsi fitness yang telah ditetapkan sebelumnya. Dimana pada tugas akhir ini fungsi fitness adalah fungsi untuk meminimalkan kerugian daya.

Nilai fitness suatu kromosom menggambarkan kualitas kromosom dalam populasi tersebut. Proses ini akan mengevaluasi setiap populasi dengan menghitung nilai fitness setiap kromosom dan mengevaluasinya sampai terpenuhi kriteria berhenti. Bila kriteria berhenti belum terpenuhi maka akan dibentuk lagi generasi baru dengan mengulangi langkah 2. Beberapa kriteria berhenti sering digunakan antara lain: berhenti pada generasi tertentu, berhenti setelah dalam beberapa generasi berturut-turut didapatkan nilai fitness tertinggi tidak berubah, berhenti dalam  $n$  generasi tidak didapatkan nilai fitness yang lebih tinggi.

### **3.3.2 Advanced OPF-CP#2-Penempatan & Penentuan Ukuran Unit-Unit DG**

Dalam penelitian disertasi ini, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG disimulasikan pada kondisi operasi normal. Penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG dilakukan untuk mengurangi rugi – rugi daya saluran dan mendapatkan pembebanan yang seimbang. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kelebihan beban atau ketidakseimbangan beban pada jaringan RDS. Perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS dengan penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG ditunjukkan pada Gambar 3.9.

Advanced OPF-CP#2-Penempatan & Penentuan Ukuran Unit-Unit DG bertujuan untuk memaksimalkan keluaran daya aktif DG dengan mempertimbangkan nilai profil tegangan bus. Penempatan & Penentuan Ukuran Unit-Unit DG dalam penelitian disertasi menggunakan metoda analitik, sehingga didapatkan lokasi, ukuran dan jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan pada jaringan RDS.

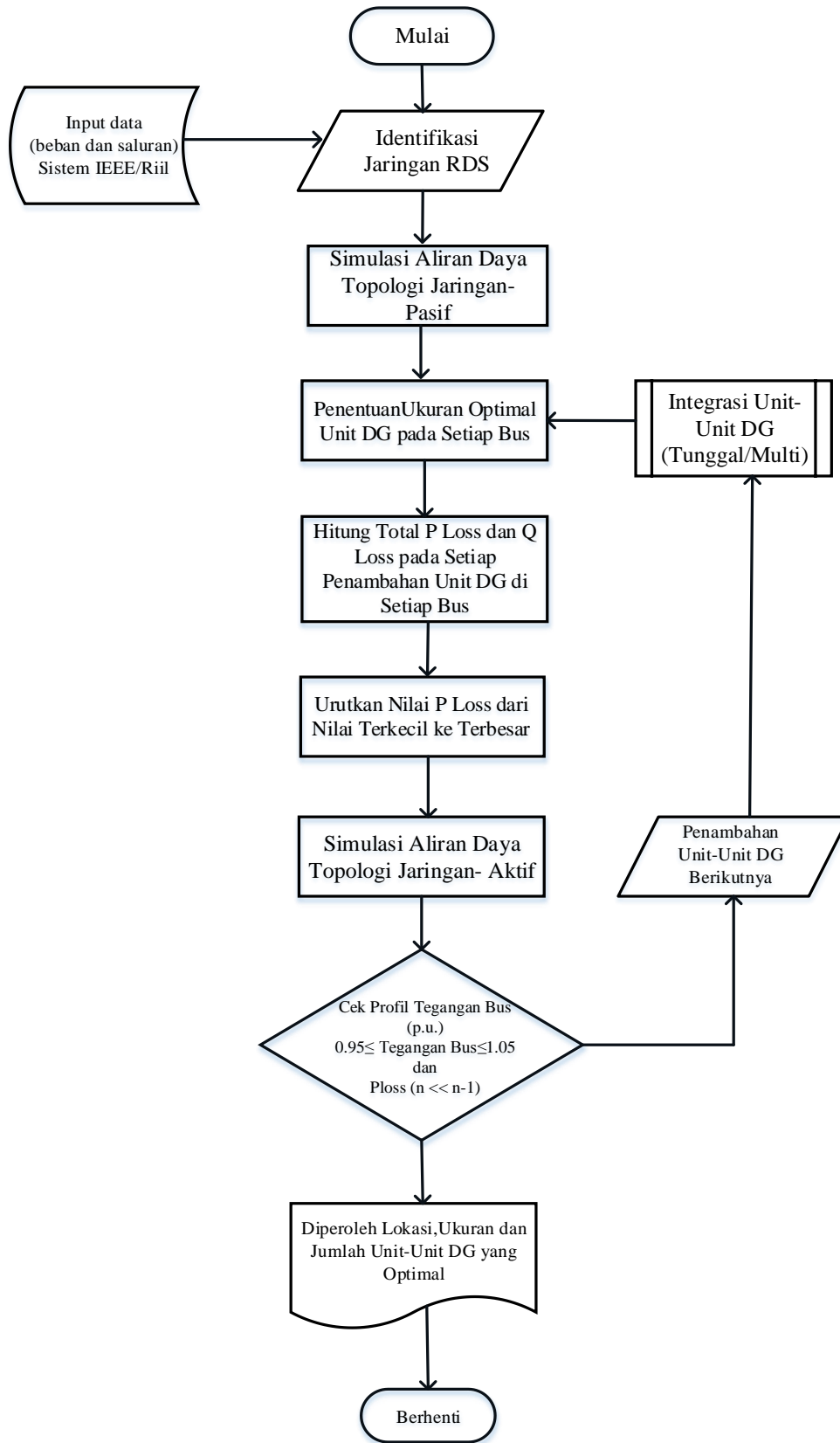


Gambar 3.9. Advanced OPF-CP#2-Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG.

Secara umum, penempatan & penentuan ukuran unit-unit DG dalam penelitian disertasi ditunjukkan pada Gambar 3.10. Tentunya Advanced OPF-CP#2-Penempatan & Penentuan Ukuran Unit-Unit DG harus menghasilkan performansi yang optimal sebagai salah penyelesaian aliran daya optimal pada jaringan RDS.

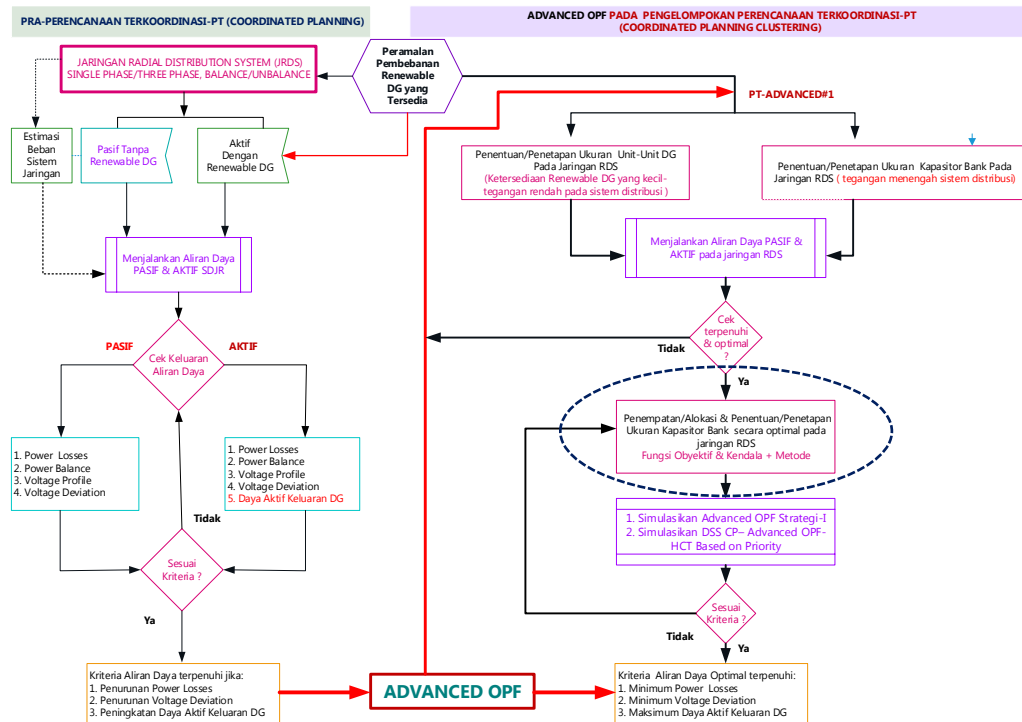
### 3.3.3 Advanced OPF-CP#3-Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank

Dalam penelitian disertasi ini, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank disimulasikan pada kondisi operasi normal. Penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank dilakukan untuk mengurangi rugi – rugi daya saluran dan mendapatkan pembebanan yang seimbang. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kelebihan beban atau ketidakseimbangan beban pada jaringan RDS.



Gambar 3.10. Diagram Alir Penempatan & Penentuan Ukuran Unit-Unit DG dengan Metode Analitik.

Perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS dengan penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Advanced OPF-CP#3-Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank.

Penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank pada penyulang/pengumpan berada lebih dekat ke beban dimana kapasitor bank mendekati beban yang lebih efektif melepaskan kapasitas, memperbaiki profil tegangan, dan mengurangi rugi-rugi saluran jaringan. Hal ini berlaku terutama pada penyulang/pengumpan yang panjang yang memiliki rugi-rugi saluran dan penurunan drop tegangan yang cukup besar. Advanced OPF-CP#3-Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank dalam penelitian disertasi bertujuan untuk meminimalkan rugi-rugi jaringan RDS dengan mempertimbangkan pemilihan jumlah unit kapasitor bank yang sesuai; alokasi kapasitor bank; dan ukuran kapasitor bank untuk mencapai hasil yang dibutuhkan meliputi pengurangan rugi-rugi daya jaringan, pengaturan tegangan, dan pengontrolan aliran daya pada

jaringan . Secara umum, penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank dengan metode analitik dalam penelitian disertasi ditunjukkan pada Gambar 3. 12.

### **3.3.4 Advanced OPF-CP#4-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Unit-Unit DG**

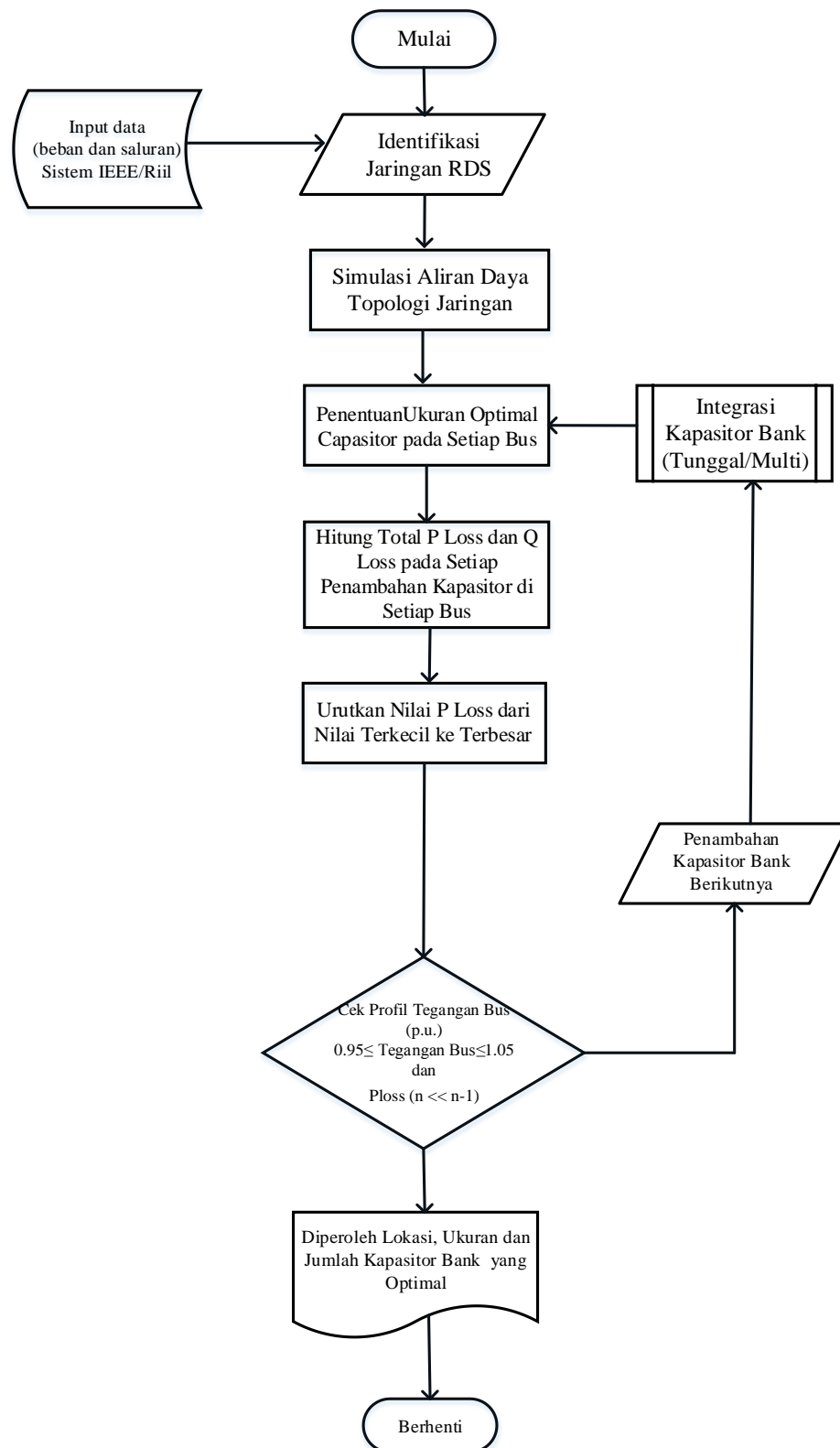
Dalam penelitian disertasi ini, rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG disimulasikan pada kondisi operasi normal. Rekonfigurasi jaringan, Penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG dilakukan untuk mengurangi rugi – rugi daya dan mendapatkan pembebanan yang seimbang. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kelebihan beban atau ketidakseimbangan beban pada jaringan RDS. Perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS dengan rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG ditunjukkan pada Gambar Gambar 3.13.

Pada kondisi tertentu, Advanced OPF-CP#4- rekonfigurasi jaringan dan penempatan & penentuan ukuran unit DG belum sepenuhnya memenuhi target yang diharapkan. Sehingga strategi Advanced OPF-CP#4 dilakukan terlebih dahulu penempatan & penentuan ukuran unit DG selanjutnya rekonfigurasi jaringan. Kondisi perubahan tersebut, seberapa jauh strategi yang dilakukan memberikan pengaruh pada perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS.

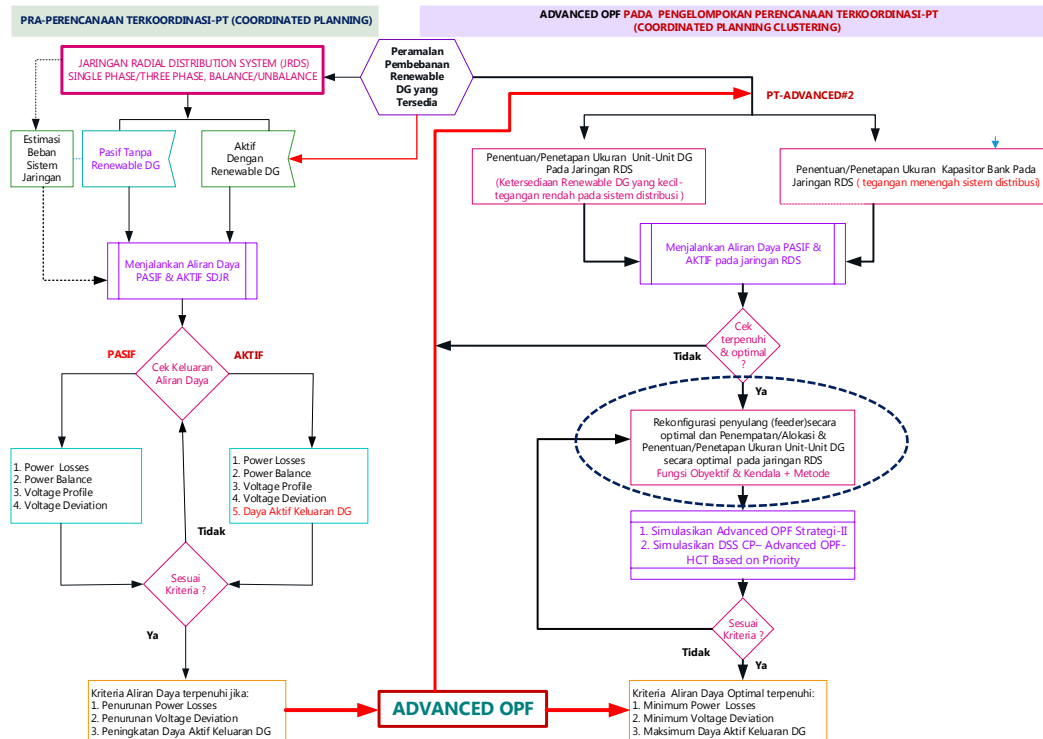
Beberapa scenario yang dapat dikembangkan dalam strategi Advanced OPF-CP#4, meliputi :

<b>SKENARIO</b>	<b>STRATEGI CP</b>
<b>Advanced OPF-CP #4 -</b>	<b>Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan &amp; Penentuan Ukuran Unit-Unit DG</b>
<b>Advanced OPF-CP # 4</b>	<b>Penempatan &amp; Penentuan Ukuran Unit-Unit DG dan Rekonfigurasi Jaringan</b>





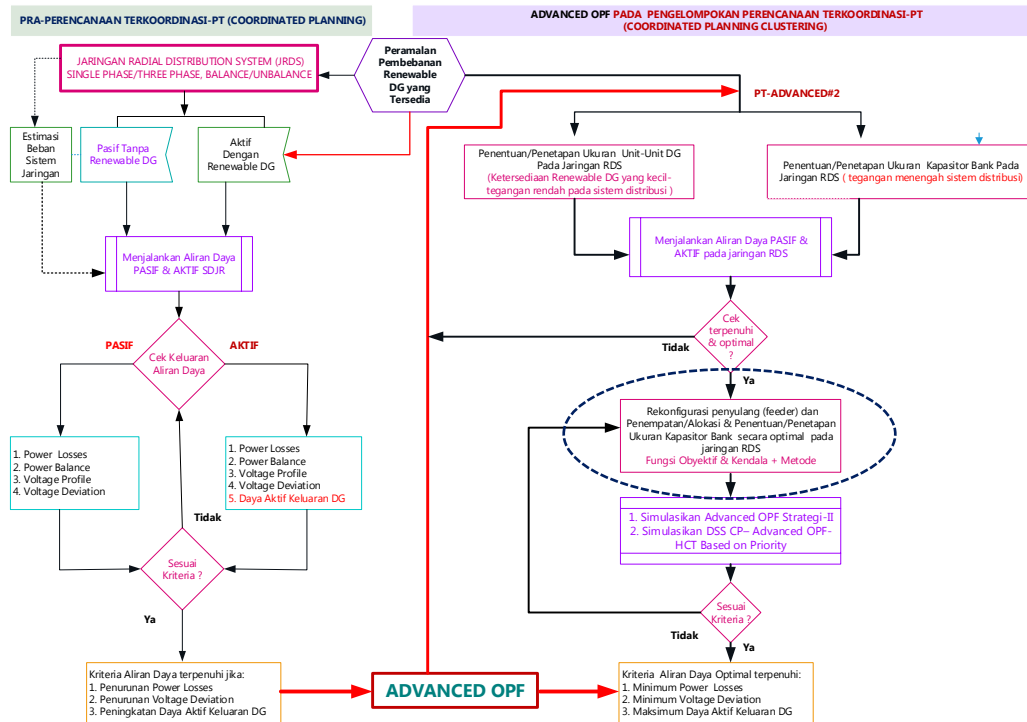
Gambar 3. 12. Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank dengan Metode Analitik.



Gambar 3.13. Advanced OPF-CP#4- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG.

### 3.3.5 Advanced OPF-CP#5-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank

Rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank disimulasikan pada kondisi operasi normal. Rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank dilakukan untuk mengurangi rugi – rugi daya dan mendapatkan pembebanan yang seimbang. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kelebihan beban atau ketidakseimbangan beban pada jaringan RDS. Perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS dengan rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank ditunjukkan pada Gambar Gambar 3.14.



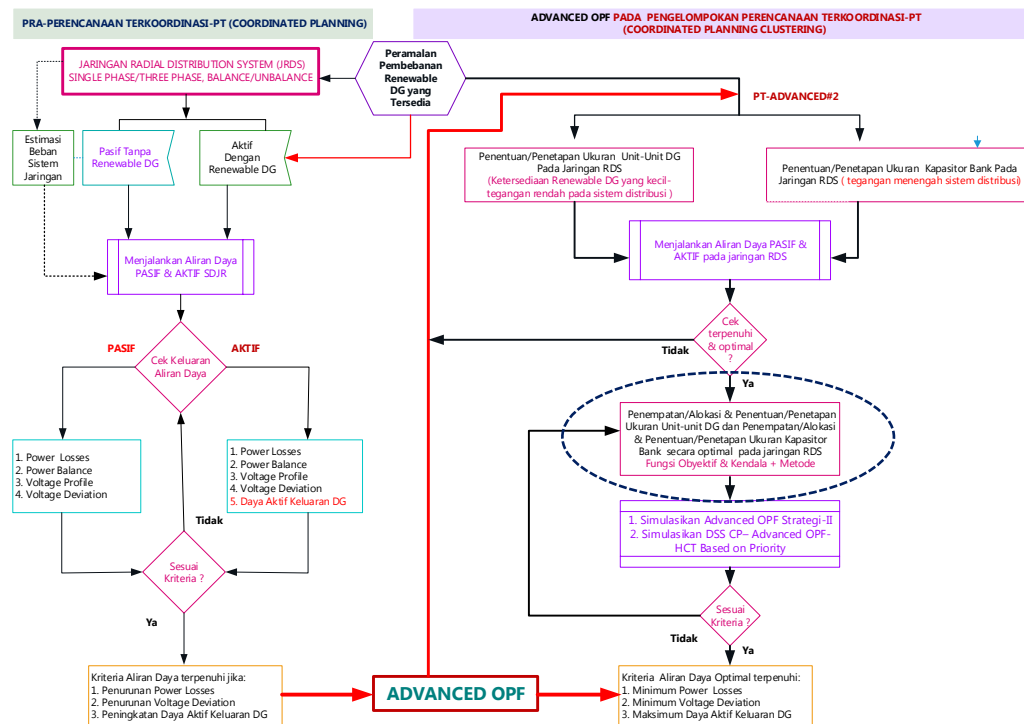
Gambar 3.14. Advanced OPF-CP#5- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank.

Advanced OPF-CP#5-rekonfigurasi jaringan dan penempatan & penentuan ukuran kapasitor merupakan salah strategi untuk meminimalkan rugi-rugi daya aktif dan juga memperbaiki profil tegangan sesuai tujuan optimasi. Keberadaan strategi advanced OPF-CP#5 dapat disimulasikan terlebih dahulu melalui penempatan & penentuan ukuran kapasitor kemudian dilakukan rekonfigurasi jaringan. Performansi advanced OPF-CP#5 menghasilkan perubahan yang berarti dalam perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Beberapa scenario yang dapat dikembangkan dalam strategi Advanced OPF-CP#5, meliputi :

SKENARIO	STRATEGI CP
Advanced OPF-CP #5	- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank
Advanced OPF-CP # 5	Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank dan Rekonfigurasi Jaringan

### 3.3.6 Advanced OPF-CP#6-Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank

Penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG serta penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank disimulasikan pada kondisi operasi normal. Penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG serta penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank dilakukan untuk mengurangi rugi – rugi daya dan mendapatkan pembebanan yang seimbang dalam jaringan RDS. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kelebihan beban atau ketidakseimbangan beban pada jaringan RDS. Perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS dengan penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank ditunjukkan pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15. Advanced OPF-CP#6- Penempatan & penetapan Ukuran Unit-Unit DG dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank.

Advanced OPF-CP#6-penempatan & penentuan ukuran unit DG dan penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank merupakan strategi CP yang

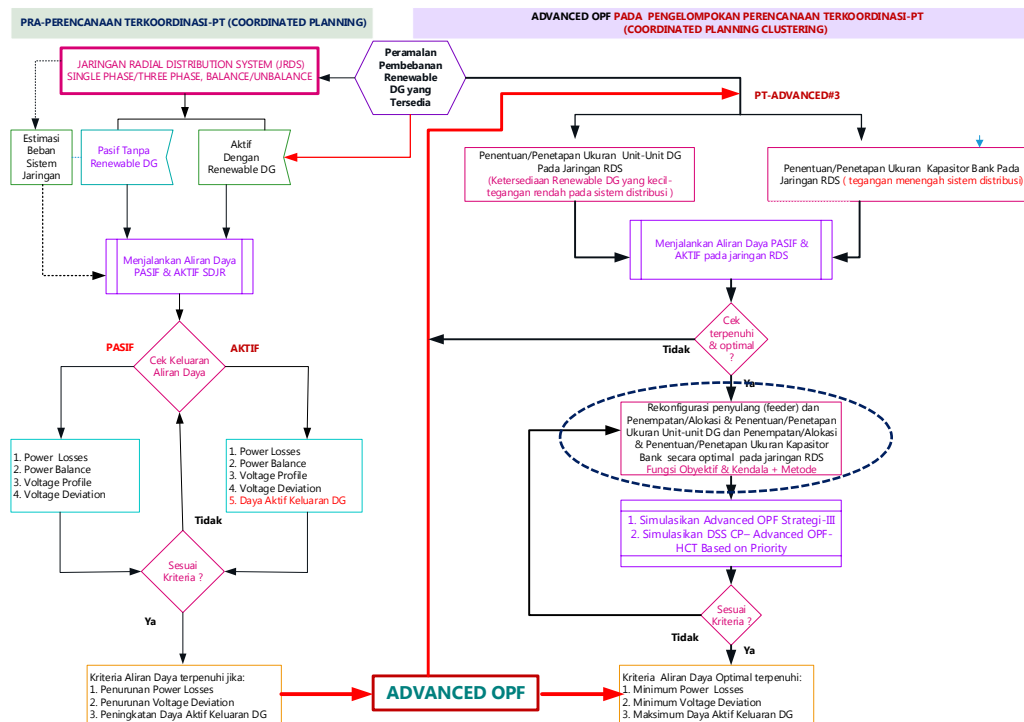
menerapkan model optimasi dengan 2 (dua) fungsi obyektif. Beberapa scenario yang dapat dikembangkan dalam strategi Advanced OPF-CP#6, meliputi :

SKENARIO	STRATEGI CP
Advanced OPF-CP #6	- Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank
Advanced OPF-CP # 6	Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG

### 3.3.7 Advanced OPF-CP#7-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank

Rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG, serta penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank disimulasikan pada kondisi operasi normal. Rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG serta penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank dilakukan untuk mengurangi rugi – rugi daya dan mendapatkan pembebanan yang seimbang. Hal ini dilakukan untuk mencegah agar tidak terjadinya kelebihan beban atau ketidakseimbangan beban pada jaringan RDS. Perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS dengan rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG serta penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank ditunjukkan pada Gambar 3.16.

Advanced OPF-CP#7- rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG dan penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank merupakan pendekatan integrasi model optimasi multi obyektif.



Gambar 3.16. Advanced OPF-CP#7- Rekonfigurasi jaringan, Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank.

Beberapa skenario yang dapat dikembangkan dalam strategi Advanced OPF-CP#7, meliputi :

SKENARIO	STRATEGI CP
<b>Advanced OPF-CP # 7</b> -	<b>Rekonfigurasi Jaringan</b> - Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG - Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank.
<b>Advanced OPF-CP # 7</b> 1	<b>Rekonfigurasi Jaringan</b> - Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank - Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG.
<b>Advanced OPF-CP # 7</b> 2	<b>Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG</b> - Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank- Rekonfigurasi Jaringan.
<b>Advanced OPF-CP # 7</b> 3	<b>Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG</b> - Rekonfigurasi Jaringan.- Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank
<b>Advanced OPF-CP # 7</b> 4	<b>Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank--</b> Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG- Rekonfigurasi Jaringan
<b>Advanced OPF-CP # 7</b> 5	<b>Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank-</b> Rekonfigurasi Jaringan -Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit-Unit DG.

### 3.4 Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Berbasis HCT Pada Jaringan RDS

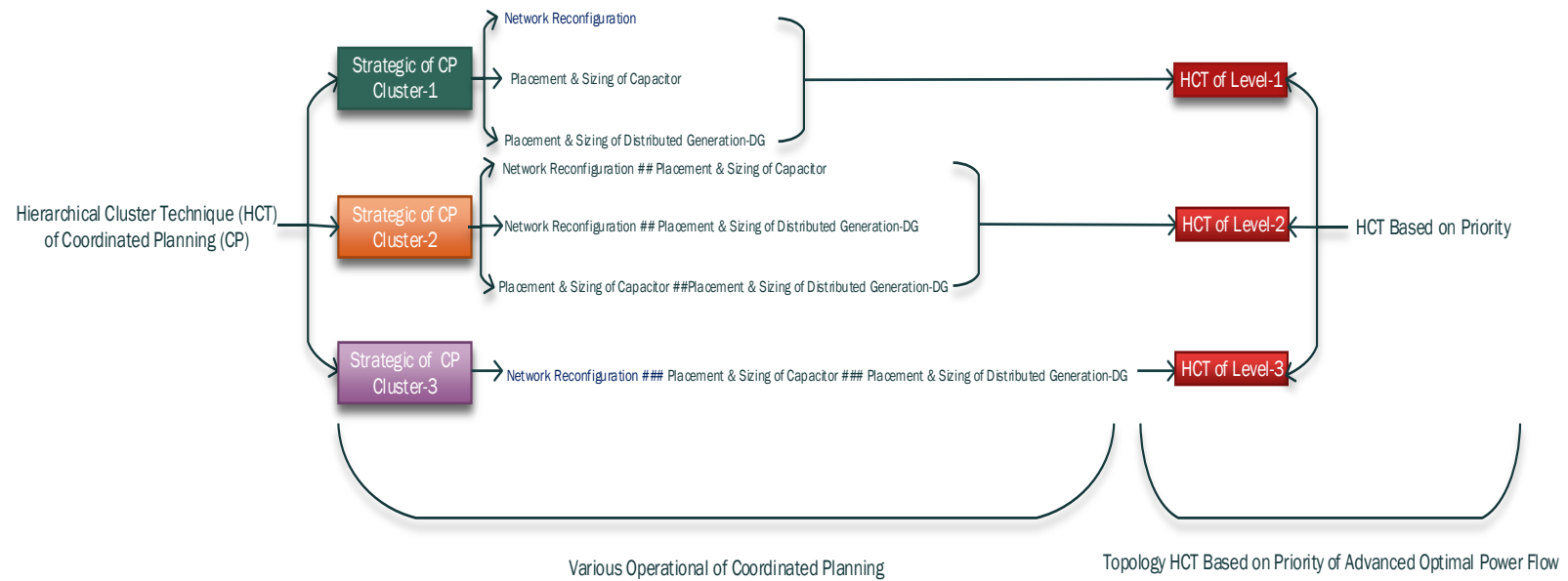
Formulasi pemodelan & simulasi *advanced-OPF* yang diusulkan dalam penelitian disertasi ini adalah penerapan teknik pengelompokan secara hirarki / bertingkat (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) yang terintegrasi pada kegiatan perencanaan koordinasi (*coordinated planning-CP*). HCT akan mengelompokkan strategi *advanced-OPF* sebagai metode penyelesaian OPF lanjut untuk menganalisis rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor shunt (*shunt capacitor allocation*) dan penempatan unit DG (*DG allocation*) secara hirarki dengan tujuan meminimumkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimalkan daya aktif keluaran DG (PDG) dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Kerangka pemodelan & simulasi *advanced-OPF* berbasis HCT yang terintegrasi pada kegiatan perencanaan koordinasi (*coordinated planning-CP*) dapat ditunjukkan pada Gambar 3.17. Kerangka pemodelan dan simulasi *advanced-OPF* berbasis HCT dibangun secara hirarki, meliputi:

#### Variasi Operasi Perencanaan Terkoordinasi (Various Operational of CP)

Hirarki yang pertama dilakukan adalah strategi CP pada pengelompokan pertama (Strategic of CP - Cluster-1) dioperasikan pada masing-masing kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG, dan penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank pada jaringan RDS. HCT pada level 1 melakukan perbandingan hasil *advanced-OPF* masing-masing kegiatan perencanaan terkoordinasi.

Hirarki yang kedua dilakukan adalah strategi CP pada pengelompokan kedua (Strategic of CP - Cluster-2) dioperasikan pada gabungan dari 2 (dua) baik secara berurutan (*sequential*) maupun secara bersamaan (*simultaneously*) pada masing-masing kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG, dan penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank pada jaringan RDS.



Gambar 3.17. Kerangka Pemodelan & Simulasi Advanced-OPF Berbasis HCT.



HCT pada level 2 melakukan perbandingan hasil advanced-OPF masing-masing kombinasi 2 (dua) kegiatan perencanaan terkoordinasi baik secara berurutan maupun secara bersamaan.

Hirarki yang ketiga dilakukan adalah strategi CP pada pengelompokan ketiga (Strategic of CP - Cluster-3) dioperasikan pada gabungan dari 3 (tiga) baik secara berurutan (sequential) maupun secara bersamaan (simultaneously) pada masing-masing kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG, dan penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank pada jaringan RDS. HCT pada level 3 melakukan perbandingan hasil advanced-OPF masing-masing kombinasi 3 (tiga) kegiatan perencanaan terkoordinasi baik secara berurutan maupun secara bersamaan.

#### **Topologi HCT Berbasis Prioritas**

Variasi operasi perencanaan terkoordinasi terdiri dari 3 (tiga) kelompok hirarki meliputi hirarki pertama dengan Cluster-1, hirarki kedua dengan Cluster-2 dan hirarki ketiga dengan Cluster-3. Ketiga hirarki memiliki karakteristik hasil penyelesaian advanced-OPF bisa sama dan berbeda. Tentunya tingkat kesamaan dan tingkat perbedaan hasil penyelesaian advanced-OPF harus menghasilkan suatu keputusan sesuai dengan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Topologi HCT membuat suatu keputusan berdasarkan prioritas berdasarkan formulasi penyelesaian advanced-OPF. Penyelesaian advanced-OPF memiliki tujuan meminimumkan rugi-rugi daya saluran ( $S_{Loss}$ ), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimalkan daya aktif keluaran DG ( $P_{DG}$ ) dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS. Topologi HCT berbasis prioritas dapat dioperasikan pada Simulator DSS-CP. Topologi HCT berbasis prioritas menghasilkan penyelesaian advanced-OPF yang lebih relevan sesuai kebutuhan perencanaan, disain dan operasi sistem distribusi.

### 3.5 Pemodelan & Simulasi Perencanaan, Operasi & Optimasi

#### Jaringan Sistem Distribusi Radial

Pemodelan & simulasi perencanaan, operasi & optimasi jaringan sistem distribusi radial mengacu pada kerangka disertasi yang diawali dengan terjadinya penurunan kualitas daya terhadap performansi jaringan RDS yang disebabkan rugi-rugi daya saluran dalam jaringan. Hal ini sangat mempengaruhi performansi RDS dalam perencanaan sistem distribusi. Salah satu untuk menjaga performansi RDS dilakukan dengan mengintegrasikan unit-unit DG dalam jaringan RDS. Tentunya integrasi unit-unit DG tersebut harus mempertimbangkan operasi sistem distribusi.

Skalabilitas operasi sistem distribusi bisa dilakukan dengan mensimulasikan aliran daya dalam jaringan RDS. Hasil aliran daya dapat digunakan untuk mengoptimalkan operasi jaringan RDS tersebut. Operasi sistem distribusi yang optimal menetapkan fungsi obyektif yang akan dicapai tanpa melanggar batasan-batasan yang telah ditetapkan. Fungsi obyektif bisa tunggal / multi tergantung dari kompleksitas optimasi yang harus diselesaikan dalam *Optimal Power Flow*. Penyelesaian optimal power flow sangat berarti untuk kegiatan perencanaan terkoordinasi dalam jaringan RDS. Kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG, dan penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank yang dapat dioperasikan dalam jaringan RDS.

Penyelesaian optimasi dalam kegiatan perencanaan terkoordinasi dalam penelitian disertasi lebih dikenal sebagai *Advanced Optimal Power Flow*. Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi akan mempengaruhi Perencanaan, Operasi dan Optimasi Sistem Distribusi dan sekaligus meningkatkan performansi kualitas daya jaringan RDS. Pengembangan simulator sistem pengambil keputusan (*Decision Support System – Coordinated Planning – DSS-CP*) yang memfasilitasi Advanced OPF berbasis pada teknik pengklasteran secara hirarki (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) dapat diaplikasikan pada perencanaan, operasi dan optimasi dalam jaringan RDS. Simulator DSS-CP nantinya akan memberikan kontribusi yang lebih berarti dalam peningkatan performansi jaringan RDS pada implementasi *Active Network Management-ANM, Islanded Operation, Smart Microgrid* dan *On*

*Line Monitoring* berbasis Sistem Informasi Geografis (*Geographical Information System* - GIS).

### **3.6 Simulator Sistem Pengambil Keputusan Perencanaan**

#### **Terkoordinasi Jaringan Sistem Distribusi Radial**

Tampilan/visualisasi simulator sistem pengambil keputusan perencanaan terkoordinasi jaringan sistem distribusi radial disajikan dalam “Power Optima Distribution Programme” (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.18). Fitur-fitur yang dibangun meliputi *Power Flow*, *Short Circuit*, *Harmonics*, *Energy Losses*, *Reliability*, *Voltage Stability Index*, *Optimal Power Flow* dan *Decision Support System*. Penelitian disertasi ini berkontribusi pengembangan simulator sistem pengambil keputusan (*Decision Support System – Coordinated Planning – DSS-CP*). Pengembangan simulator tersebut sangat mendukung perencanaan sistem distribusi.

Pengembangan simulator sistem pengambil keputusan (*Decision Support System – Coordinated Planning – DSS-CP*) yang memfasilitasi Advanced OPF berbasis pada teknik pengelompokan secara hirarki (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) dapat diaplikasikan pada perencanaan, operasi dan optimasi dalam sistem distribusi.

Simulator DSS-CP berbasis HCT merupakan perangkat simulasi yang bertujuan pertama adalah memformulasikan penyelesaian OPF pada jaringan RDS dengan salah satu metode dari beberapa metode yang ada. Kedua adalah menerapkan penyelesaian advanced-OPF berbasis HCT untuk analisis kegiatan perencanaan terkoordinasi pada jaringan RDS. Dan ketiga adalah menguji unjuk-kerja penyelesaian advanced-OPF berbasis HCT dalam kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS pada sistem IEEE atau sistem riil/nyata.

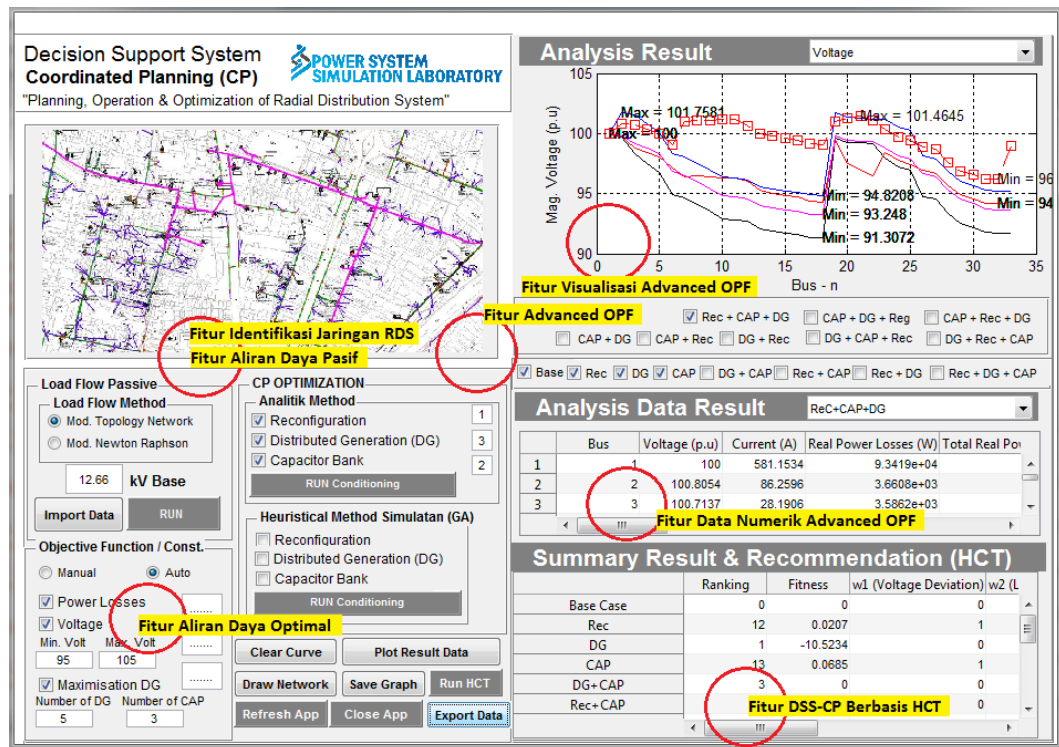
Simulator DSS-CP berbasis HCT menyediakan fitur-fitur simulasi untuk kegiatan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS terutama kegiatan perencanaan terkoordinasi. Kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran unit-unit DG, dan penempatan dan penempatan/alokasi dan penetapan/penentuan ukuran kapasitor bank yang dapat dioperasikan dalam jaringan RDS.



Gambar 3.18. Tampilan/Visualisasi Simulator “Power Optima Distribution Programme.”

Simulator DSS-CP berbasis HCT bersifat perangkat simulasi yang terintegrasi dari beberapa gabungan modular simulasi yang sebelumnya terpisah-pisah. Modular simulasi penyelesaian aliran daya dengan beberapa metode, modular simulasi penyelesaian aliran daya optimal dengan beberapa metode optimasi dan modular simulasi pengambil keputusan hasil penyelesaian optimasi telah terintegrasikan secara bersamaan dalam simulator DSS-CP berbasis HCT.

Visualisasi tampilan Simulator DSS – CP ditunjukkan pada Gambar 3.19. Visualisasi tersebut mengilustrasikan bagaimana proses perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Simulator DSS – CP didesain dan dikembangkan melalui perangkat lunak MATLAB (MATrix LABoratory).



Gambar 3.19. Tampilan / Visualisasi Simulator DSS-CP.

Menurut [whatis.techtarget.com/definition/MATLAB](http://whatis.techtarget.com/definition/MATLAB), MATLAB adalah “a fourth-generation programming language and numerical analysis environment. Uses for MATLAB include matrix calculations, developing and running algorithms, creating User Interfaces (UI) and data visualization.” Fitur-fitur yang dibangun dalam Simulator DSS-CP berbasis HCT mencerminkan pemodelan dan simulasi dari tujuan, focus dan target penelitian disertasi ini.

Fitur identifikasi jaringan RDS digunakan untuk semua kegiatan pemodelan dan simulasi yang dijalankan oleh Simulator DSS-CP berbasis HCT. Fitur identifikasi jaringan RDS didesain mendekati sistem jaringan sesungguhnya. Fitur ini menampilkan informasi jaringan RDS, satu/dua/tiga fasa, seimbang/tidak seimbang, data saluran antar bus dan data beban setiap bus. Semua informasi jaringan RDS disimpan dalam basis data. Ke depan basis data tersebut digunakan untuk memvisualisasikan jaringan RDS berbasis sistem informasi geografis (*Geographic Information System – GIS*). Kondisi saat ini, fitur identifikasi dalam Simulator DSS-CP masih bersifat *off line*. Basis data jaringan RDS yang digunakan

berupa sistem standar- IEEE 33 BUS, dan sistem riil (salah satu Jaringan Distribusi Wilayah Kota Surabaya Utara).

Fitur identifikasi jaringan RDS telah dilakukan verifikasi dan validasi dengan perangkat lunak simulasi ETAP (*Electrical Transient and Analysis Program*). Menurut <https://etap.com/software/>, ETAP adalah “*Model-Driven Power System Design & Operations Software expands on immersive system modeling and comprehensive simulation capabilities.*” Lebih khususnya, ETAP digunakan untuk analisis jaringan distribusi (*Distribution Network Analysis-DNA*), perencanaan (*Planning*), *Protection & Advanced Distribution Management System* (ADMS). DNA didefinisikan sebagai “*integrated and interactive suite of distribution network applications used by substation engineers & network planners for simulating, analyzing and optimizing power distribution system performance.*” Simulator DSS – CP didesain seperti dengan DNA-ETAP tapi Simulator DSS – CP Berbasis HCT memiliki beberapa kelebihan dalam perencanaan terkoordinasi yang saling terintegrasi yang belum tersedia di DNA-ETAP saat ini. Identifikasi jaringan RDS yang ada dapat disimulasikan pada Simulator DSS – CP Berbasis HCT.

Fitur identifikasi jaringan RDS, Fitur aliran daya pasif /aktif, Fitur Visualisasi Advanced-OPF dan Fitur Data Numerik Advanced-OPF memfasilitasi tujuan, focus dan target penelitian disertasi yang pertama. Pertama adalah menghasilkan formulasi algoritma aliran daya pada jaringan RDS dengan beberapa metode yang efektif dan efisien. Target keluaran formulasi aliran daya tersebut dapat mengetahui rugi-rugi daya saluran, profil tegangan pada system jaringan distribusi radial baik sebelum dan sesudah terintegrasi DGs.

Fitur identifikasi jaringan RDS, Fitur aliran daya pasif, Fitur Aliran Daya Optimal, Fitur Visualisasi Advanced-OPF dan Fitur Data Numerik Advanced-OPF memfasilitasi tujuan, focus dan target penelitian disertasi yang kedua. Kedua adalah menghasilkan formulasi algoritma OPF yang memiliki performansi terbaik untuk peningkatan kualitas daya pada jaringan RDS. Target performansi terbaik adalah meminimumkan rugi-rugi daya saluran, meminimumkan deviasi tegangan dan memaksimalkan daya jaringan yang terintegrasi DGs dengan mempertimbangkan keseimbangan daya, batas-batas pembebanan dan kendala-kendala kapasitas saluran pada kegiatan perencanaan terkoordinasi.

Fitur identifikasi jaringan RDS, Fitur aliran daya pasif, Fitur Aliran Daya Optimal, Fitur Visualisasi Advanced-OPF, Fitur Data Numerik Advanced-OPF, dan Fitur Advanced OPF CP berbasis HCT memfasilitasi tujuan, focus dan target penelitian disertasi yang ketiga. Ketiga adalah mengembangkan formulasi baru algoritma OPF terapan (*advanced-OPF*) yang dipadukan dengan penerapan teknik cluster hirarki (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*). Target pengembangan formulasi baru tersebut adalah peningkatan kualitas daya pada sistem jaringan distribusi radial melalui strategi yang optimal dari hasil kegiatan perencanaan terkoordinasi.

Fitur identifikasi jaringan RDS, Fitur aliran daya pasif, Fitur Aliran Daya Optimal, Fitur Visualisasi Advanced-OPF, Fitur Data Numerik Advanced-OPF, dan Fitur Advanced OPF CP berbasis HCT juga memfasilitasi tujuan, focus dan target penelitian disertasi yang keempat. Keempat adalah menghasilkan unjuk-kerja penyelesaian *advanced-OPF* berbasis *Hierarchical Clustering Technique-HCT* dalam peningkatan kualitas daya pada kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS pada beberapa sistem standar- IEEE dan sistem jaringan listrik riil. Target unjuk-kerja tersebut adalah dihasilkan suatu sistem pendukung keputusan yang proposional untuk operasi system jaringan distribusi radial sesuai kondisi dan kebutuhan yang ditetapkan dalam perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS.

< halaman ini sengaja dikosongkan >



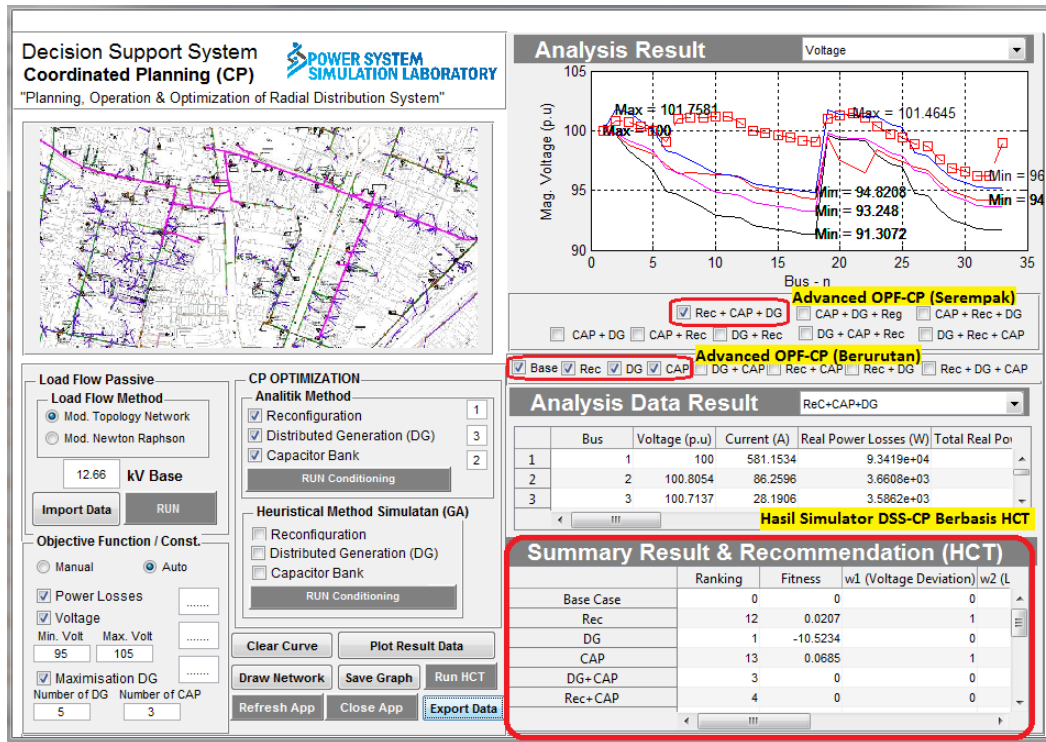
## **BAB 4**

### **ANALISIS ALIRAN DAYA JARINGAN RDS**

Bab hasil, pembahasan dan analisis menggambarkan pemaparan hasil-hasil metode penelitian disertasi yang diikuti dengan pembahasan dan analisis. Performansi perencanaan terkoordinasi merupakan unjuk kerja yang dicapai ketika perencanaan terkoordinasi dimodelkan, disimulasikan dan dioptimalkan untuk operasi jaringan RDS. Performansi operasi jaringan RDS disini lebih difokuskan pada serangkaian proses yang terjadi pada strategi kegiatan perencanaan terkoordinasi baik sifatnya berurutan (*sequensial*) atau serempak (*simultaneous*). Untuk mengetahui kualitas performansi perencanaan terkoordinasi dibutuhkan suatu asesmen. Asesmen perencanaan terkoordinasi memberikan keputusan-keputusan yang lebih realistis terhadap perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS atas dasar keluaran Simulator DSS-CP berbasis HCT. Tentunya keluaran HCT tidak selamanya bisa diterima tapi harus dikaji dan dievaluasi berdasarkan kondisi-kondisi jaringan RDS yang ada.

Oleh karena itu, rekomendasi perencanaan terkoordinasi harus mutlak diberikan ketika strategi perencanaan terkoordinasi benar-benar bisa diterapkan dalam perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Tentunya rekomendasi-rekomendasi yang dihasilkan dapat digunakan untuk memecahkan studi kasus yang terjadi pada penerapan perencanaan terkoordinasi pada jaringan RDS yang sesungguhnya. Memang tidak mudah rekomendasi itu disarankan terhadap kasus – kasus yang terkait dengan peningkatan kualitas daya pada jaringan RDS. Tapi paling tidak hasil penelitian disertasi ini memberikan terobosan yang berarti pada perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS ke depan.

Hasil, pembahasan dan analisis dalam bab ini merupakan keluaran performansi Simulator DSS – CP berbasis HCT ditunjukkan pada Gambar 4.1. Performansi Simulator DSS – CP berbasis HCT tersebut mengilustrasikan bagaimana proses perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS.



Gambar 4.1. Visualisasi Performansi Simulator DSS – CP berbasis HCT.

Uraian hasil, pembahasan dan analisis keluaran performansi Simulator DSS – CP berbasis HCT, meliputi :

- Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif.
- Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Aktif.

#### 4.1 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif

Pemodelan dan simulasi aliran daya jaringan RDS – pasif menunjukkan performansi jaringan RDS yang hanya menggantungkan gardu induk (*sub-station-SS*) sebagai sumber utama tegangan. Simulator DSS – CP menghasilkan penyelesaian aliran daya jaringan RDS – pasif (sesuai diagram alir pada Gambar 3.1, Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 dari Bab 3 sebelumnya). Penyelesaian aliran daya

didasarkan pemodelan dan simulasi jaringan RDS pada sistem standar IEEE 33 BUS dan sistem riil ( salah satu dari Jaringan Distribusi Wilayah Surabaya Kota).

Hasil dan pembahasan pemodelan dan simulasi aliran daya jaringan RDS – pasif meliputi identifikasi jaringan RDS yang dikaji, aliran daya dan ulasan lanjut aliran daya dari masing-masing jaringan RDS.

- Identifikasi Jaringan RDS

Jaringan RDS bersifat pasif dimana pada jaringan tersebut tidak dilakukan integrasi unit-unit DG. Jaringan RDS hanya memiliki satu sumber utama tegangan dari gardu induk. Identifikasi jaringan RDS divisualisasikan oleh SIMULATOR DSS-CP pada [Fitur identifikasi jaringan RDS](#). Data informasi jaringan RDS secara lengkap ditunjukkan pada Lampiran-1. Setiap jaringan RDS memiliki data beban tiap bus, data saluran antar bus dan tegangan sumber gardu induk (*sub-station*). Semua data tersebut sebagai informasi awal untuk penyelesaian aliran daya.

- Penyelesaian Aliran Daya Jaringan RDS

Simulator DSS-CP melakukan pemodelan dan simulasi aliran daya setiap jaringan RDS dengan menggunakan metode NT (*Network Topology*). Penyelesaian aliran daya merupakan analisis dasar (*base case*) pada perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Penyelesaian aliran daya menjadi acuan awal setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi yang meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan (*placement/allocation*) & penentuan ukuran (*sizing*) DG dan penetapan & penentuan ukuran kapasitor bank. Seluruh hasil penyelesaian aliran daya setiap jaringan RDS di Simulator DSS-CP telah dilakukan verifikasi dan validasi menggunakan ETAP. Verifikasi dan validasi penyelesaian aliran daya masing-masing jaringan RDS telah ditunjukkan pada Lampiran 2 & Lampiran 3.

Secara ringkas, verifikasi dan validasi penyelesaian aliran daya masing-masing jaringan RDS memiliki karakteristik yang beragam. Keberagaman itu tergantung dari topologi jaringan RDS. Sehingga, Simulator DSS-CP dapat digunakan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Dalam hal ini, batasan maksimum dan minimum tegangan, total rugi-rugi saluran dan arus yang perlu diperhatikan.

Tabel 4.1. Verifikasi & validasi Aliran Daya – Tegangan Jaringan RDS.

Jaringan RDS	TEGANGAN (p.u.) - SPAN					
	MATLAB		ETAP		Error (%)	
	Min /BUS	Maks/B US	Min/BUS	Maks/B US	Min/BUS	Maks/BUS
<b>JARINGAN STANDAR (Vbase = 12,66 kV dan Sbase =10 MVA)</b>						
SISTEM IEEE 33 BUS	0.9130718 800/18	1/1	0.913071786/ 18	1/1	0.0000050 88/9	0.00002794 60/30
<b>JARINGAN RIIL (SURABAYA KOTA) - (Vbase = 20 kV dan Sbase =10 MVA)</b>						
Penyulang Basuki Rahmat	0.996845 12/51	1.000000 00/1	0.99684820/ 51	1/1	0.000000 00/1	0.0003139 3/ 43

Tegangan jaringan RDS baik jaringan standar dan jaringan riil memiliki batasan span yang beragam dengan posisi masing-masing BUS ditunjukkan pada Tabel 4.1. Tegangan dengan batasan maksimum dan batasan minimum dapat digunakan sebagai optimasi aliran daya pada jaringan RDS. Tentunya batasan tegangan minimum dan tegangan maksimum dari setiap jaringan RDS yang harus diperhatikan. Validasi dan verifikasi nilai tegangan antara MATLAB dan ETAP menunjukkan hasil simulasi yang bagus sehingga Simulator DSS CP berbasis HCT dapat digunakan pada skalabilitas perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Hal ini dapat ditunjukkan nilai error baik minimum dan maksimum masih jauh dibawah toleransi sebesar 2 % dari masing-masing jaringan RDS.

Tidak hanya tegangan jaringan RDS yang perlu diperhatikan tapi arus dan total rugi-rugi saluran juga perlu dipertimbangkan dalam perencanaan, operasi dan optimasi jaringan. Fenomena total rugi-rugi saluran tidak bisa dihindari dan total rugi-rugi jaringan perlu diturunkan serendah mungkin. Kegiatan perencanaan terkoordinasi merupakan strategi yang dapat menurunkan total rugi-rugi jaringan RDS.

Arus setiap jaringan RDS merupakan parameter performansi perencanaan, operasi dan optimasi jaringan sistem distribusi. Arus selalu mempengaruhi profil tegangan dan rugi-rugi saluran antar bus. Tabel 4.2 menunjukkan verifikasi dan validasi aliran daya – arus jaringan RDS.

Tabel 4.2. Verifikasi &amp; Validasi Aliran Daya – Arus Jaringan RDS.

Jaringan RDS	ARUS (Ampere)					
	MATLAB		ETAP		Error (%)	
	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
<b>JARINGAN STANDAR (Vbase = 12,66 kV dan Sbase =10 MVA)</b>						
SISTEM IEEE 33 BUS	3.58783503 3	210.36528165 6	3.58783400 0	210.36520000 0	0.00000269 0	0.00014303 5
<b>JARINGAN RIIL (SURABAYA KOTA) - (Vbase = 20 kV dan Sbase =10 MVA)</b>						
Penyulang Basuki Rahmat	2.1832401 7	319.4816466 1	2.1695900 0	319.4319000 0	0.0009130 3	0.6291587 7

Validasi dan verifikasi aliran daya pada nilai arus antara MATLAB dan ETAP menunjukkan hasil simulasi yang mirip/hampir sama sehingga Simulator DSS CP berbasis HCT dapat digunakan pada skalabilitas perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Hal ini dapat ditunjukkan nilai error baik minimum dan maksimum masih jauh dibawah toleransi sebesar 2 % dari masing-masing jaringan RDS.

Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menunjukkan total rugi-rugi jaringan RDS dari jaringan standard dan jaringan riil. Total rugi-rugi setiap jaringan memiliki nilai yang berbeda tergantung model topologi jaringan RDS.

Tabel 4.3. Verifikasi &amp; Validasi Aliran Daya – Total Rugi-Rugi Daya Aktif Jaringan RDS.

Jaringan RDS	TOTAL RUGI – RUGI DAYA AKTIF (kWatt)		
	MATLAB	ETAP	Error (%)
JARINGAN STANDAR (Vbase = 12,66 kV dan Sbase =10 MVA)			
SISTEM IEEE 33 BUS	202.6999646100	202.7000426736	0.0000385119
JARINGAN RIIL (SURABAYA KOTA) - (Vbase = 20 kV dan Sbase =10 MVA)			
Penyulang Basuki Rahmat	25.38632696	25.37640507	0.03908358

Tabel 4.4. Verifikasi &amp; Validasi Aliran Daya – Total Rugi-Rugi Daya Reaktif Jaringan RDS.

Jaringan RDS	TOTAL RUGI – RUGI DAYA REAKTIF (kWatt)		
	MATLAB	ETAP	Error (%)
JARINGAN STANDAR (Vbase = 12,66 kV dan Sbase =10 MVA)			
SISTEM IEEE 33 BUS	135.1427146769	135.1426703500	0.0000328001
JARINGAN RIIL (SURABAYA KOTA) - (Vbase = 20 kV dan Sbase =10 MVA)			
Penyulang Basuki Rahmat	12.68457971	12.67962136	0.03910482

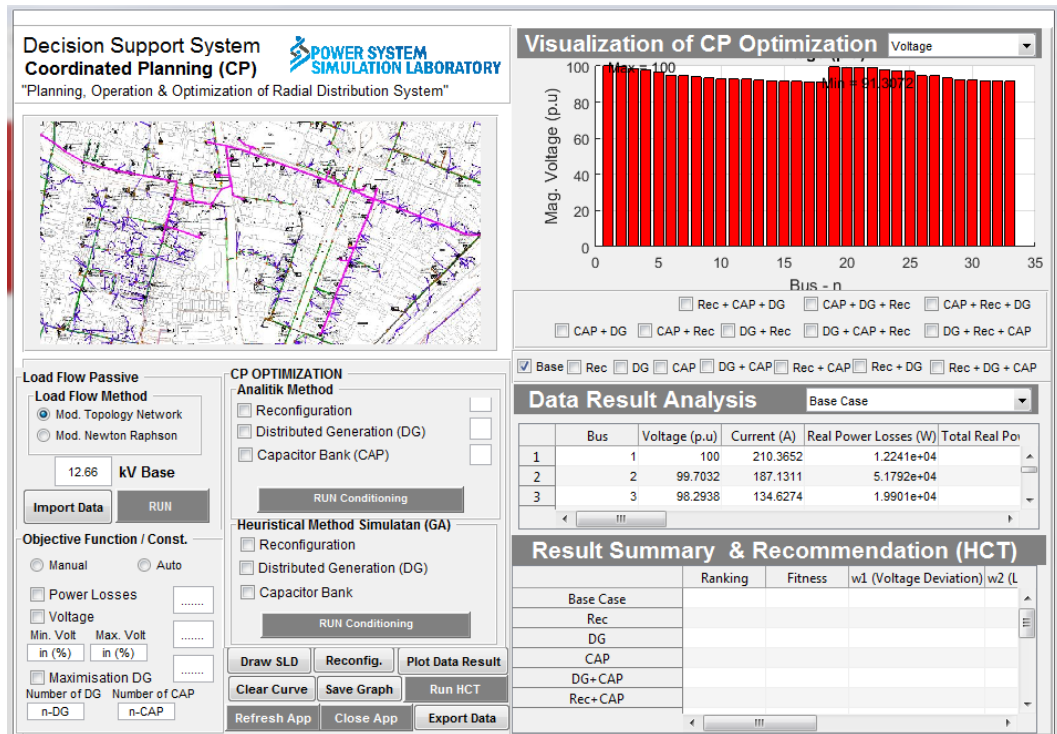
Validasi dan verifikasi aliran daya pada nilai total rugi-rugi daya (aktif maupun reaktif) antara MATLAB dan ETAP menunjukkan hasil simulasi yang mirip/hampir sama sehingga Simulator DSS CP berbasis HCT dapat digunakan pada skalabilitas perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Hal ini dapat ditunjukkan nilai error masih jauh dibawah toleransi sebesar 2 % dari masing-masing jaringan RDS.

- **Performansi Penyelesaian Aliran Daya Jaringan RDS**

SIMULATOR DSS-CP berbasis HCT dapat menampilkan performansi penyelesaian aliran daya jaringan RDS baik jaringan standar maupun jaringan riil. Performansi penyelesaian aliran daya memberikan gambaran sekilas profile tegangan setiap bus, rugi-rugi jaringan saluran antar bus dan daya kompleks setiap bus. Profil tegangan setiap bus menunjukkan tegangan maksimum dan tegangan minimum. Selain itu, profil tegangan sebagai acuan awal untuk setiap kegiatan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS.

#### **4.1.1 Jaringan Standar – Sistem IEEE - 33 BUS**

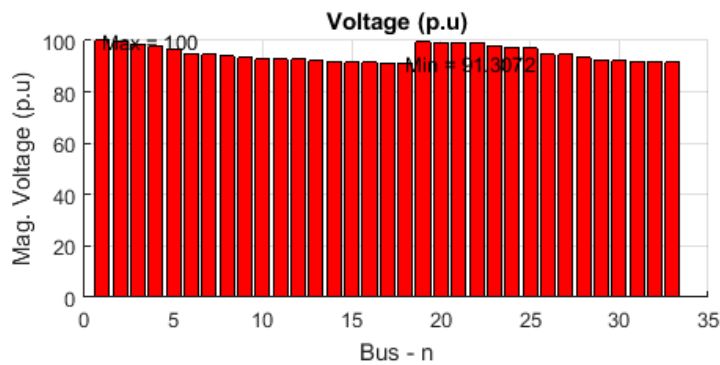
Sistem IEEE 33 BUS adalah jaringan standar yang digunakan sebagai tes uji jaringan RDS dalam penelitian disertasi ini. Jaringan standar ini bersifat radial, memiliki 33 BUS dan hanya satu sumber tegangan utama. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat melakukan simulasi aliran daya dengan metode NT. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif pada Sistem IEEE 33 BUS ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pemodelan & Simulasi Daya Jaringan RDS – Pasif (Sistem IEEE 33 BUS).

Hasil yang lengkap simulator DSS-CP berbasis HCT Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif pada Sistem IEEE 33 BUS ditunjukkan pada Lampiran 4.

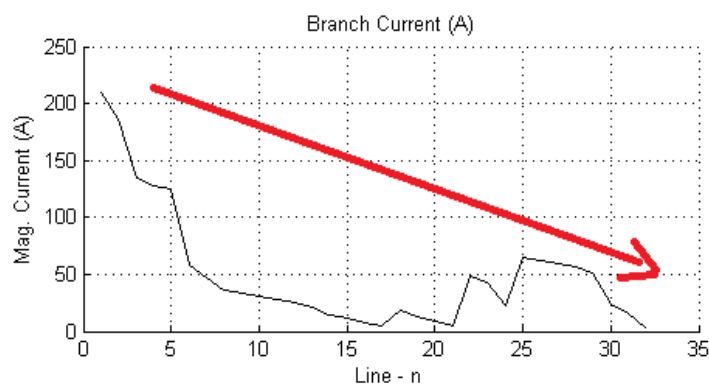
Hasil simulasi aliran daya terdiri dari profil tegangan dan profil arus; rugi-rugi daya aktif dan reaktif; serta profil daya setiap saluran antar BUS. Gambar 4.3 merupakan profil tegangan sistem IEEE – 33 BUS. Profil tegangan menunjukkan perubahan tegangan setiap BUS berubah-ubah. Kondisi awal (*base case*), tegangan maksimum sebesar 1 p.u berada pada BUS 1 dan tegangan minimum sebesar 0,913072 p.u berada pada BUS 18. Tegangan minimum masih belum memenuhi batas operasional yang ditetapkan yaitu 0,95 p.u dan profil tegangan minimum tersebut termasuk kondisi *under voltage*.



Gambar 4.3. Profil Tegangan Sistem IEEE-33 BUS.

Tinjauan profil arus Sistem IEEE 33 BUS memberikan gambaran tentang aliran arus yang mengalir pada setiap saluran (antar BUS). Arus akan mengalami perubahan sepanjang penyulang (*feeder*) tersebut. Sifat radial Sistem IEEE 33 BUS menunjukkan semakin jauh dari sumber tegangan, arus yang mengalami penurunan sepanjang penyulang (seperti yang terlihat pada Gambar 4.4).

Arus cabang disetiap antar saluran memiliki nilai yang berbeda-beda tergantung pada besar-kecilnya impedansi saluran. Perubahan arus cabang juga dipengaruhi beban-beban yang terpasang pada setiap antar BUS.

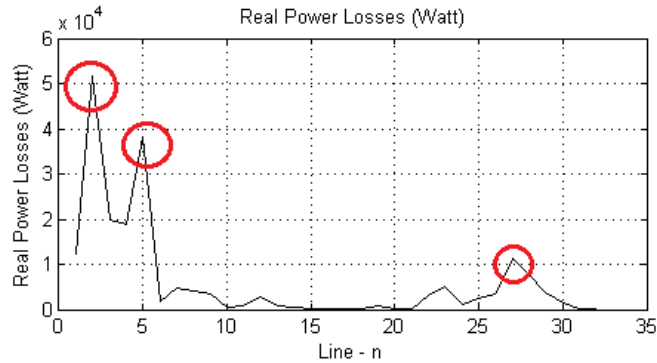


Gambar 4.4. Profil Arus Sistem IEEE 33 BUS.

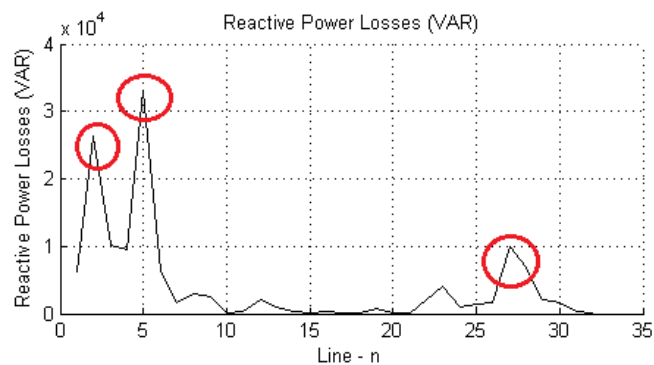
Selanjutnya, profil arus juga mempengaruhi rugi-rugi daya yang mengalir pada setiap saluran antar BUS. Simulasi aliran daya sistem IEEE 33 BUS telah menunjukkan profil rugi-rugi daya pada setiap saluran seperti yang ditunjukkan



pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6. Rugi-rugi daya aktif dan reaktif mengikuti perubahan profil arus jaringan setiap saluran antar BUS.



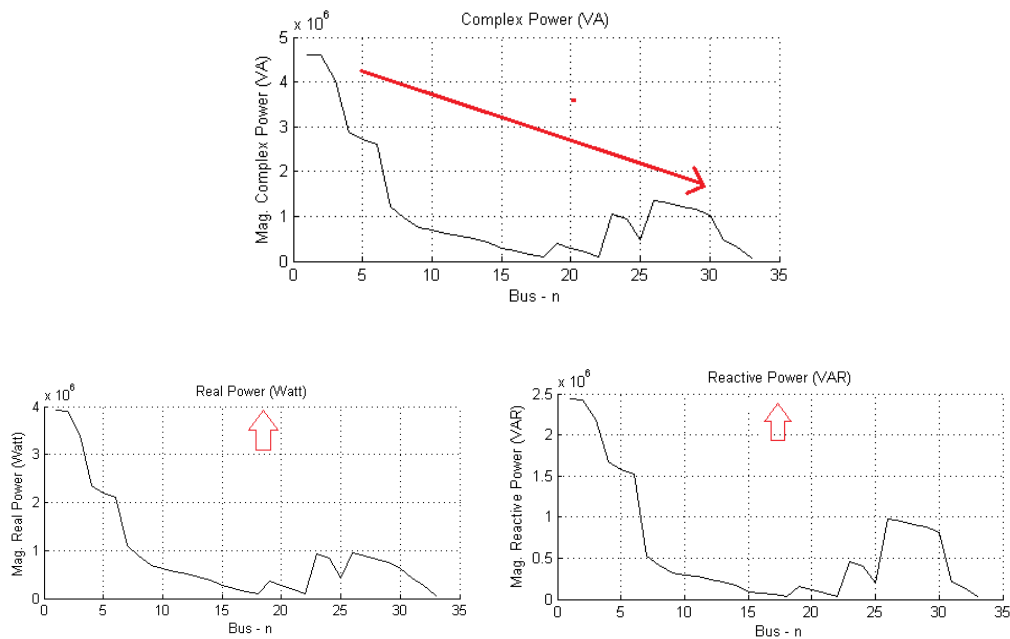
Gambar 4.5. Profil Rugi-Rugi Daya Aktif Sistem IEEE-33 BUS.



Gambar 4.6. Profil Rugi-Rugi Daya Reaktif Sistem IEEE-33 BUS.

Sehingga aliran daya setiap saluran antar BUS dapat menunjukkan daya yang diserap oleh beban setiap BUS. Daya kompleks Sistem IEEE-33 BUS terdiri dari daya aktif dan daya reaktif seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Daya kompleks sistem IEEE 33 BUS terlihat menurun pada setiap saluran antar BUS. Sehingga setiap perubahan daya kompleks sistem tersebut juga mempengaruhi perubahan daya aktif dan daya reaktif.. Tentunya daya kompleks terbesar pasti selalu berada pada BUS 1 karena BUS 1 merupakan BUS yang paling dekat dengan sumber tegangan. Sedangkan daya kompleks terkecil pasti selalu berada pada BUS paling ujung karena BUS tersebut merupakan BUS yang paling jauh dengan sumber tegangan serta posisinya berada paling ujung di penyulang.



Gambar 4.7. Profil Daya Komplek Sistem IEEE-33 BUS.

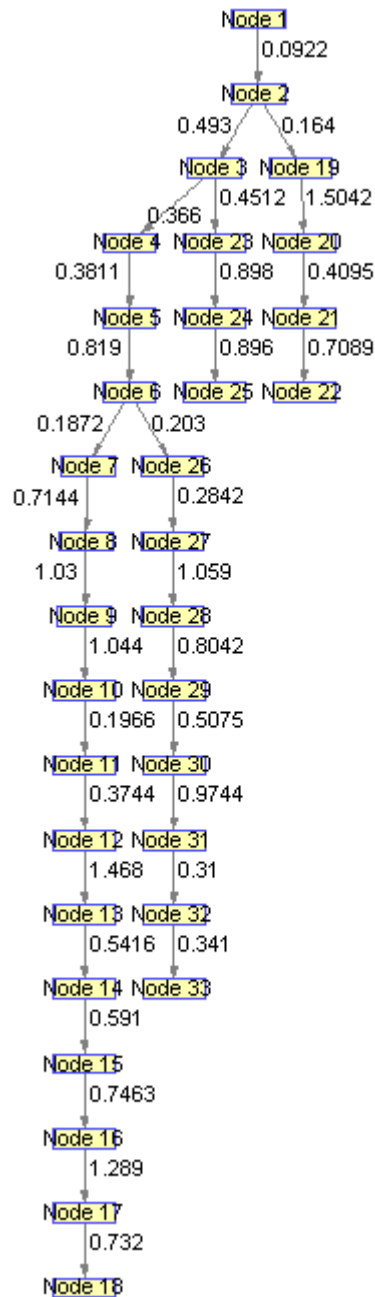
Jika Sistem IEEE 33 BUS ditinjau lagi dari topologi jaringan maka Sistem IEEE 33 BUS memiliki beberapa cabang seperti ditunjukkan pada Gambar 4.8. Akhirnya, performansi jaringan standar Sistem IEEE 33 BUS dapat diambil hal-hal yang penting, sebagai berikut :

Profil tegangan memiliki tegangan maksimum pada BUS 1 dan tegangan minimum pada BUS 18. Sehingga mengacu pada topologi jaringan BUS 1 berada dekat sumber tegangan dan BUS 18 yang paling jauh dari sumber tegangan.

Profil arus selalu menurun pada setiap saluran antar BUS. Berdasarkan topologi jaringan, BUS-1 memiliki nilai arus yang terbesar sedangkan BUS-18 memiliki nilai arus yang terkecil. Kedua BUS tersebut berada pada ujung hulu dan ujung hilir dalam satu penyulang. Karakteristik profil arus hampir sama dengan karakteristik profil tegangan.

Rugi-rugi daya saluran baik rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif memiliki karakteristik yang berbeda-beda bergantung pada nilai impedansi saluran antar BUS. Rugi-rugi daya aktif lebih dominan dipengaruhi sifat resistansi saluran antar BUS sedangkan rugi-rugi daya reaktif lebih dominan dipengaruhi sifat

konduktansi saluran antar BUS. Beberapa saluran antar BUS teridentifikasi memiliki rugi-rugi daya saluran yang cukup besar. Beberapa saluran antar BUS tersebut adalah BUS 5-BUS 6; BUS 23 – BUS 24; BUS 24 – BUS 25; BUS 21 – BUS 22;

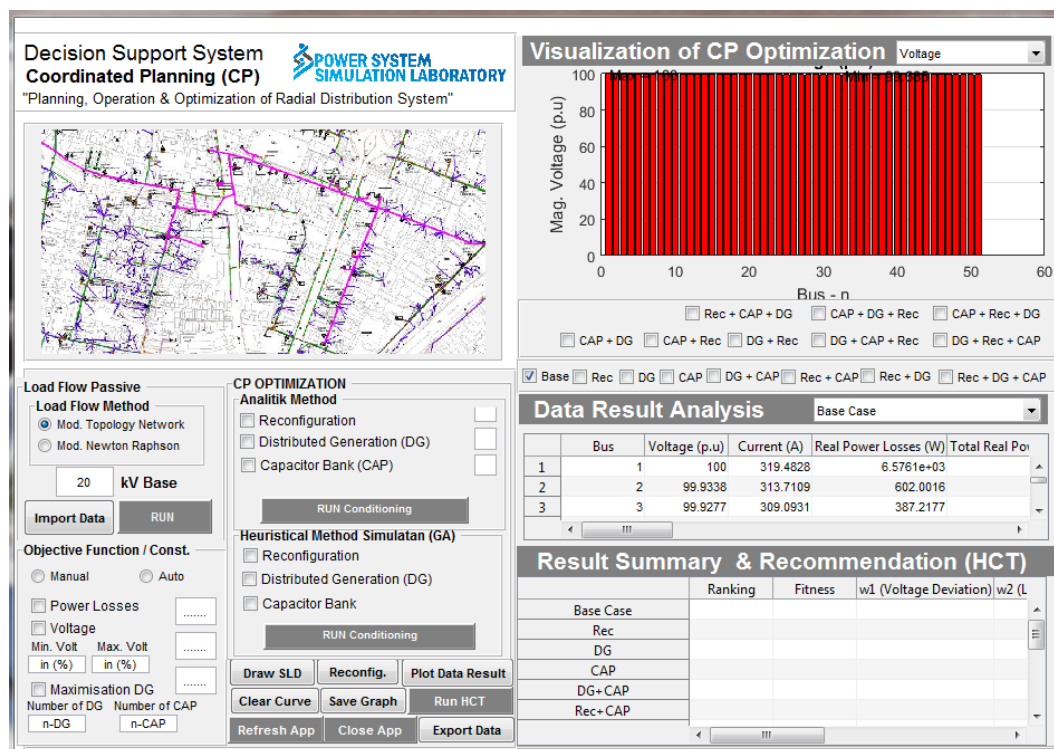


Gambar 4.8. Topologi Jaringan RDS - Sistem IEEE-33 BUS.

Daya kompleks setiap saluran antar BUS terdiri dari daya aktif dan daya reaktif memiliki karakteristik daya yang dipengaruhi oleh tegangan dan arus yang mengalir pada masing-masing setiap saluran antar BUS.

#### 4.1.2 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Penyulang Basuki Rahmat adalah jaringan riil yang digunakan sebagai tes uji jaringan RDS dalam penelitian disertasi ini. Jaringan riil ini adalah radial, memiliki 51 BUS dan hanya satu sumber tegangan utama pada ujung atas penyulang. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat melakukan simulasi aliran daya pada Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS dengan Metode NT. Hasil simulasi aliran daya terdiri dari profil tegangan dan profil arus; rugi-rugi daya aktif dan reaktif; serta profil daya kompleks setiap saluran antar BUS.

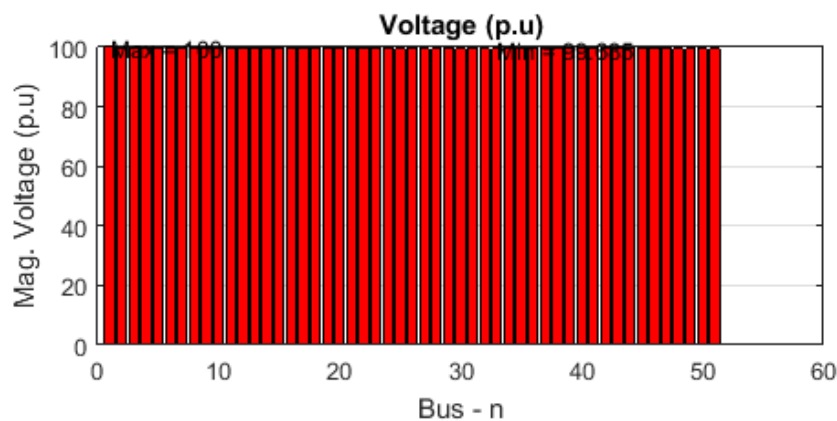


Gambar 4.9. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif (Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS).

Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif pada Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS ditunjukkan pada Gambar 4.9.

Hasil yang lengkap SIMULATOR DSS-CP berbasis HCT Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif pada Penyulang Basuki Rahmat ditunjukkan pada Lampiran 5.

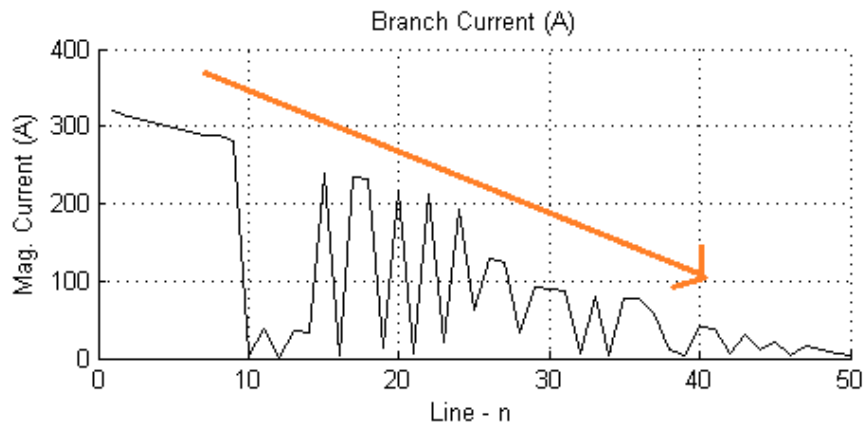
Model topologi jaringan RDS Penyulang Basuki Rahmat terdiri penyulang utama dengan beberapa cabang. Ketika simulasi aliran daya dilakukan pada penyulang tersebut maka penyulang tersebut telah menunjukkan karakteristik aliran daya setiap saluran antar BUS. Tinjauan pertama karakteristik aliran daya yang dapat ditinjau adalah profil tegangan. Gambar 4.10 merupakan profil tegangan penyulang Basuki Rahmat. Profil tegangan penyulang tersebut menunjukkan perubahan tegangan setiap BUS berubah-ubah.



Gambar 4.10. Profil Tegangan - Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Kondisi awal (*base case*) penyulang Basuki Rahmat-51 BUS, tegangan maksimum sebesar 1 (100%) p.u berada pada BUS 1 dan tegangan minimum sebesar 0,996884(99,68841%)p.u berada pada BUS 51. Tegangan minimum dan tegangan maksimum telah memenuhi batas operasional jaringan. Profil tegangan telah menunjukkan sifat radial Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

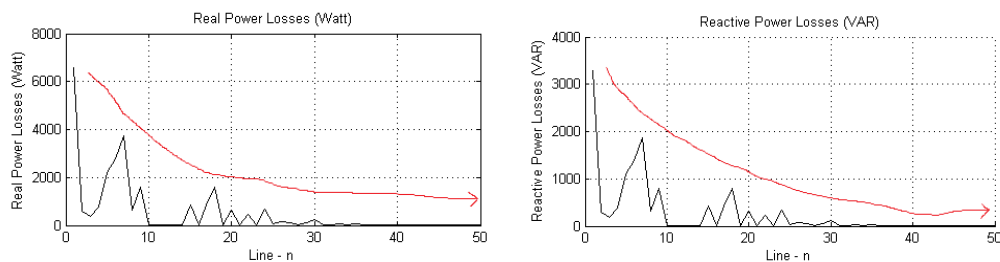
Tinjauan kedua, profil arus Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS memberikan gambaran tentang aliran arus yang mengalir pada setiap saluran (antar BUS). Arus akan mengalami perubahan sepanjang penyulang (*feeder*) tersebut. Sifat radial penyulang Basuki Rahmat menunjukkan semakin jauh dari sumber tegangan, arus telah mengalami penurunan sepanjang penyulang tersebut (seperti yang terlihat pada Gambar 4.11).



Gambar 4.11. Profil Arus - Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Beberapa BUS penyulang tersebut memiliki nilai arus yang relatif kecil dibandingkan dengan BUS-BUS yang lain. Perbedaan nilai arus yang cukup jauh di antara BUS-BUS disebabkan karakteristik impedansi saluran.

Tinjauan ketiga, rugi-rugi daya saluran Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS sangat dipengaruhi oleh profil arus yang mengalir disetiap saluran antar BUS. Rugi-rugi daya saluran penyulang tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.12.

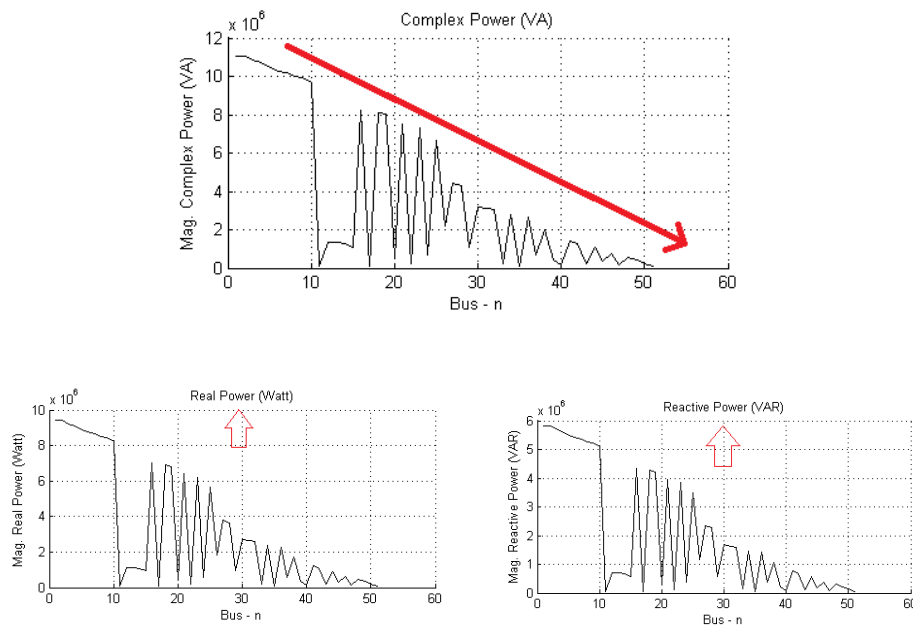


Gambar 4.12. Rugi-rugi Daya Saluran Aktif dan Reaktif Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Rugi-rugi daya saluran baik aktif dan reaktif sangat dipengaruhi oleh impedansi saluran. Rugi-rugi daya aktif saluran lebih dipengaruhi oleh resistansi dari bagian impedansi saluran sedangkan rugi-rugi daya reaktif saluran lebih dipengaruhi oleh induktansi dari bagian impedansi saluran. Jika rugi-rugi daya

saluran lebih detail nilai rugi-rugi daya aktif saluran adalah 25,3404 kWatt dan nilai rugi-rugi daya reaktif saluran adalah 12,6707 kVAR.

Tinjauan terakhir, aliran daya setiap saluran antar BUS dapat menunjukkan daya yang diserap oleh beban setiap BUS. Daya kompleks Penyulang Basuki Rahmat terdiri dari daya aktif dan daya reaktif seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13. Profil Daya Komplek Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Daya kompleks penyulang Baski Rahmat terlihat menurun pada setiap saluran antar BUS. Sehingga setiap perubahan daya kompleks sistem tersebut juga mempengaruhi perubahan daya aktif dan daya reaktif.. Tentunya daya kompleks terbesar pasti selalu berada pada BUS 1 karena BUS 1 merupakan BUS yang paling dekat dengan sumber tegangan.

Akhirnya, performansi jaringan riil sistem penyulang Baski Rahmat dapat diambil hal-hal yang penting, sebagai berikut :

Profil tegangan memiliki tegangan maksimum pada BUS 1 dan tegangan minimum pada BUS 51. Sehingga mengacu pada topologi jaringan BUS 1 berada dekat sumber tegangan dan BUS 51 yang paling jauh dari sumber tegangan.

Profil arus selalu menurun pada setiap saluran antar BUS. Berdasarkan topologi jaringan, BUS-1 memiliki nilai arus yang terbesar sedangkan BUS-51

memiliki nilai arus yang terkecil. Kedua BUS tersebut berada pada ujung hulu dan ujung hilir dalam satu penyulang. Karakteristik profil arus hampir sama dengan karakteristik profil tegangan.

Rugi-rugi daya saluran baik rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif memiliki karakteristik yang berbeda-beda bergantung pada nilai impedansi saluran antar BUS. Rugi-rugi daya aktif lebih dominan dipengaruhi sifat resistansi saluran antar BUS sedangkan rugi-rugi daya reaktif lebih dominan dipengaruhi sifat konduktansi saluran antar BUS.

Daya kompleks setiap saluran antar BUS terdiri dari daya aktif dan daya reaktif memiliki karakteristik daya yang dipengaruhi oleh tegangan dan arus yang mengalir pada masing-masing setiap saluran antar BUS.

#### **4.1.3 Review Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Pasif**

Berdasarkan kinerja Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan hasil performansi aliran daya pada jaringan RDS standar – Sistem IEEE-33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS, beberapa kondisi aliran tegangan dan arus yang melewati saluran antar BUS, meliputi :

- Bila tegangan dan arus mempunyai beda fasa  $\theta$  yang nilainya lebih kecil  $90^\circ$ , maka  $I \cos \theta$  dan  $V$  akan sefasa yang berarti daya aktif dibangkitkan oleh sumber , dan sumber adalah generator. Daya aktif mengalir menuju sistem dan arus keluar dari terminal positif. Besaran daya aktif tersebut adalah  $P = \text{Re}(VI^*)$  yang mempunyai tanda positif.
- Bila tegangan dan arus mempunyai beda fasa  $\theta$  yang nilainya lebih besar  $90^\circ$ , maka  $I \cos \theta$  dan  $V$  akan mempunyai beda fasa  $180^\circ$  yang berarti daya aktif diserap oleh sumber dan sumber adalah motor. Daya aktif mengalir menuju terminal positif dari sumber dan arus masuk ke terminal positif. Besaran daya aktif tersebut adalah  $P = \text{Re}(VI^*)$  yang mempunyai tanda negatif.

Kondisi beban yang terpasang pada masing-masing BUS mempengaruhi aliran daya kompleks. Beberapa hal yang harus diperhatikan kondisi beban tersebut adalah



- Beban bersifat induktif murni, daya reaktif sebesar  $I^2X_L$  yang mempunyai tanda positif, mengalir menuju induktor atau induktor menyerap daya reaktif. Arus  $I$  tertinggal (*lagging*)  $90^\circ$  terhadap tegangan  $V$ . Besaran daya reaktif tersebut adalah  $Q = I_m(VI^*)$  yang mempunyai tanda positif.
- Beban bersifat induktif murni, dalam hal ini daya reaktif sebesar  $I^2X_C$  yang mempunyai tanda negatif, dan mengalir dari kapasitor menuju sumber atau kapasitor membangkitkan daya reaktif. Arus  $I$  mendahului (*leading*)  $90^\circ$  terhadap tegangan  $V$ . Besaran daya reaktif tersebut adalah  $Q = I_m(VI^*)$  yang mempunyai tanda negatif.

Hasil analisis pemodelan & simulasi aliran daya jaringan RDS pasif yang ditunjukkan Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat digunakan sebagai acuan awal/kondisi awal (*base case*) dalam perencanaan, operasi dan optimasi sistem distribusi terutama perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

## 4.2 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran

### Daya Jaringan RDS – Aktif

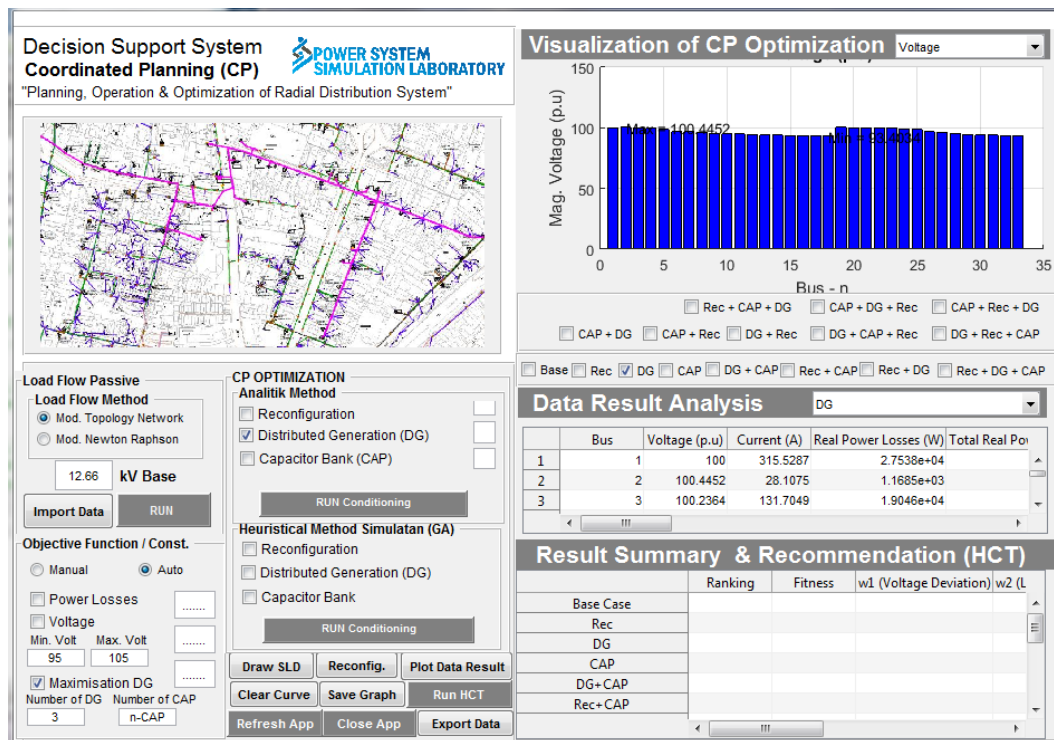
Pemodelan dan simulasi aliran daya jaringan RDS bersifat aktif ketika unit-unit DG sebagai generator tambahan diintegrasikan ke jaringan RDS. Berdasarkan kajian referensi sebelumnya di Bab 2, ada dampak positif ketika unit-unit DG diinjeksikan pada jaringan RDS. Salah satunya dari sudut pandang teknis, integrasi unit-unit DG di jaringan RDS pada lokasi yang tepat dapat mengurangi total saluran dan memperbaiki profil tegangan, sehingga meningkatkan kualitas daya serta meningkatkan keandalan dan keamanan sistem.

Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat melakukan pemodelan dan simulasi aliran daya jaringan RDS melalui injeksi unit-unit DG. Simulator DSS-CP berbasis HCT menampilkan performansi penyelesaian aliran daya jaringan RDS (*jaringan standar* maupun *jaringan riil*) yang terinjeksi unit-unit DG (*tunggal* dan *multi*). Performansi penyelesaian aliran daya memberikan gambaran sekilas profil tegangan dan arus setiap BUS, rugi-rugi jaringan setiap saluran antar BUS dan daya kompleks setiap BUS ketika jaringan RDS diinjeksi unit-unit DG (baik *tunggal* dan *multi*). Hasil-hasil penyelesaian aliran daya pada jaringan RDS yang diintegrasikan unit-unit DG (*jaringan RDS aktif*) dibandingkan hasil-hasil penyelesaian aliran

daya pada jaringan RDS yang tidak diintegrasikan unit-unit DG (*jaringan RDS pasif*). Hasil-hasil perbandingan penyelesaian aliran daya tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk setiap kegiatan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS.

#### 4.2.1 Jaringan Standar – Sistem IEEE 33 BUS

Sistem IEEE 33 BUS merupakan jaringan RDS standar yang bersifat pasif. Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan pemodelan dan simulasi Sistem IEEE-33 BUS menjadi jaringan RDS yang bersifat aktif dengan mengintegrasikan unit-unit DG. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap injeksi unit-unit DG pada Sistem IEEE 33 BUS ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Terhadap Injeksi Unit-Unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS.

Ketika unit-unit DG diintegrasikan pada sistem IEEE 33 BUS, performansi sistem IEEE 33 BUS telah terjadi mengalami perubahan-perubahan dibandingkan kondisi awal sistem IEEE 33 BUS yang tidak terintegrasi unit-unit DG (*base-case*).

Hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap injeksi unit-unit DG pada Sistem IEEE 33 BUS ditunjukkan pada Lampiran 6.

Beberapa perubahan yang terjadi pada sistem IEEE 33 BUS ketika unit-unit DG diinjeksikan dapat ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Performansi Sistem IEEE-33 BUS ketika Unit-Unit DG Diintegrasikan.

Injeksi Unit DG	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
Tanpa DG	202699.548		135142.613		91.31	100	18	1	0	0	0	0
1	189283.7026	6.618586762	128092.888	5.21650844	91.62	100	1	18	4418517	3909273	2059338	2
2	189216.3514	6.651813854	128049.918	5.24830426	91.63	100	2	18	182530	161493.2	85071.8	2
3	189214.395	7.124307504	128048.564	5.24930614	91.63	100	2	18	7540.38	6671.336	3514.34	2

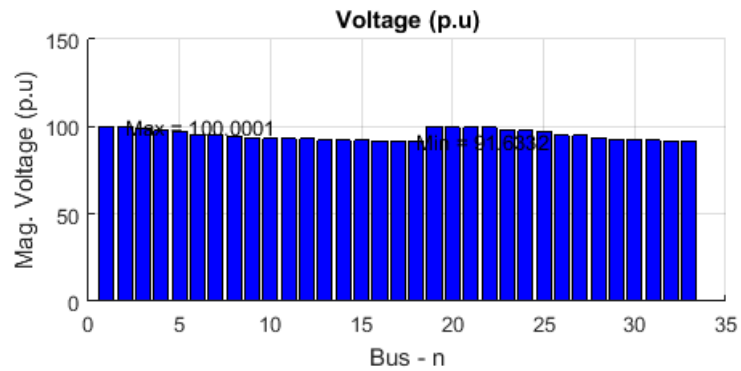
Ketika unit-unit DG belum diintegrasikan ke Sistem IEEE-33 BUS, tegangan minimum berada pada BUS 18 dan tegangan maksimum berada pada BUS 1. Tetapi ketika unit-unit DG telah diintegrasikan pada BUS 2 ke sistem IEEE 33 BUS, tegangan minimum berada pada BUS 1 dan tegangan maksimum berada pada BUS 18. Fenomena ini terjadi ketika unit-unit DG telah diintegrasikan pada BUS 2 ke sistem IEEE 33 BUS, unit-unit DG berperan sebagai generator. Beberapa dampak unit-unit DG berperan sebagai generator mempengaruhi performansi sistem IEEE 33 BUS.

- Rugi-Rugi Daya Sistem IEEE 33 BUS.

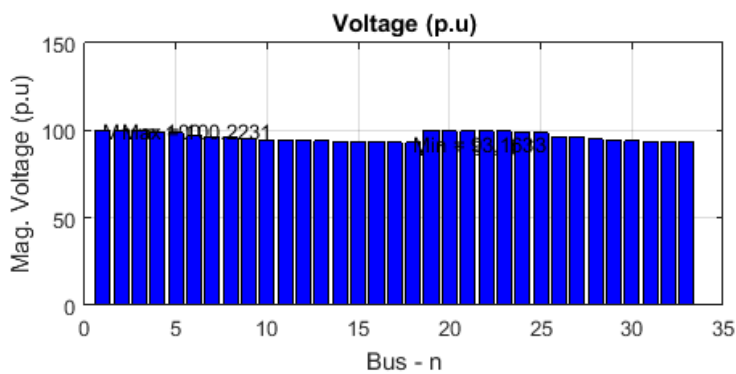
Injeksi beberapa unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS mempengaruhi penurunan rugi-rugi daya secara perlahan-lahan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5. Prosentase penurunan rugi-rugi daya sebanding dengan penambahan kapasitas integrasi unit-unit DG yang dilakukan. Mengacu pada kajian referensi pada Bab 2, integrasi unit-unit DG pada jaringan RDS dipengaruhi oleh penempatan/alokasi, ukuran/besar, jenis / tipe dan jumlah unit-unit DG. Simulator DSS-CP berbasis HCT hanya melakukan pemodelan dan simulasi penempatan/alokasi, ukuran/besar dan jumlah unit-unit DG.

- Profil tegangan Sistem IEEE-33 BUS.

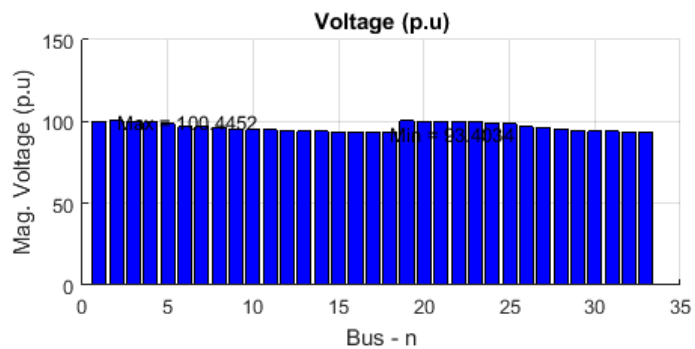
Profil tegangan Sistem IEEE-33 BUS mengalami kenaikan secara perlahan dengan injeksi beberapa unit-unit DG, seperti yang terlihat pada Gambar 4.15.



(a.) Profil Tegangan Sistem IEEE 33 BUS – Terinjeksi 1 Unit DG



(b.) Profil Tegangan Sistem IEEE 33 BUS – Terinjeksi 2 Unit DG



(c.) Profil Tegangan Sistem IEEE 33 BUS – Terinjeksi 3 Unit DG

Gambar 4.15. Profil Tegangan Sistem IEEE 33 BUS Terinjeksi Beberapa Unit DG.

Profil Tegangan Sistem IEEE 33 BUS yang terinjeksi beberapa unit DG mengalami perubahan seiring dengan penambahan jumlah dan ukuran unit-unit DG. Sistem IEEE 33 BUS mengalami kenaikan profil tegangan akibat integrasi

unit-unit DG. Kenaikan profil tegangan adalah tegangan minimalnya sekitar 0,91(91%) p.u. dimana tegangan minimal masih kurang dari standar minimal tegangan operasional jaringan RDS yaitu 0,95(95 %) p.u. Begitu pula, tegangan maksimalnya adalah 1,00 (100 %) p.u. dimana tegangan tersebut masih berada dibawah maksimal tegangan operasional jaringan RDS yaitu 1,05 (105 %) p.u. Untuk itu, injeksi unit-unit DG yang optimum diperlukan metode optimasi penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG. Oleh sebab itu, Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat melakukan teknik optimasi untuk menempatkan/alokasi dan menetapkan/menentukan ukuran unit-unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS.

#### 4.2.2 Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS

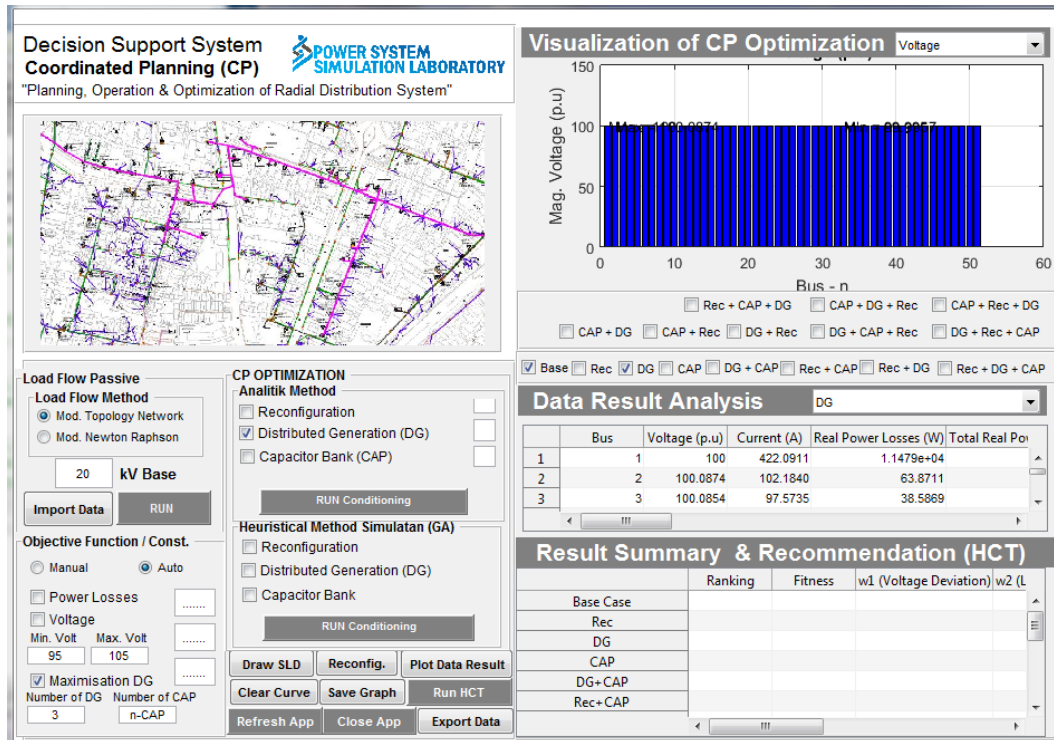
Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan jaringan RDS riil yang bersifat pasif. Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan pemodelan dan simulasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) yang memiliki 51 BUS menjadi jaringan RDS yang bersifat aktif dengan mengintegrasikan unit-unit DG. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap injeksi unit-unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) ditunjukkan pada Gambar 4.16.

Ketika unit-unit DG diintegrasikan pada sistem Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya), performansi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) telah terjadi mengalami perubahan-perubahan dibandingkan kondisi awal Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) yang tidak terintegrasi unit-unit DG (*base-case*). Hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap injeksi unit-unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) ditunjukkan pada Lampiran 7.

Beberapa perubahan yang terjadi pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) ketika unit-unit DG diintegrasikan dapat ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Performansi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) Ketika Unit-Unit DG Diinjeksikan

Injeksi Unit DG	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Bus Location DG
Tanpa DG	25340.34724		12670.7033		99.69	100	51	1	0	0	0	0
1	18780.84823	25.88559242	9390.95309	25.8845157	99.75	100	1	51	1.1E+07	9400833	4952196	2
2	18770.98847	25.92450178	9386.02318	25.9234237	99.76	100	2	51	442291	391316.4	206139	2
3	18771.03346	34.97879168	9386.04567	25.9232461	99.76	100	2	51	18410.3	16288.46	8580.48	2



Gambar 4.16. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Terhadap Injeksi Unit-Unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat – 51 BUS (Surabaya).

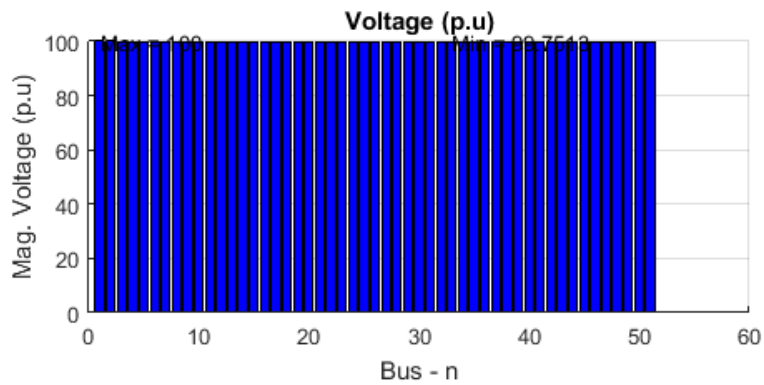
Ketika unit-unit DG belum diintegrasikan ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya), tegangan minimum berada pada BUS 51 dan tegangan maksimum berada pada BUS 1. Tetapi ketika unit-unit DG telah diintegrasikan pada BUS 2 ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya), tegangan minimum berada pada BUS 1 (kondisi 1 unit DG), BUS 2(kondisi 2-3 unit DG) dan tegangan maksimum berada pada BUS 51. Perubahan BUS pada tegangan minimum dipengaruhi ukuran daya keluaran DG yang diinjeksi. Semakin besar daya keluaran DG yang diinjeksi ke sistem maka perubahan tegangan mempengaruhi daya-daya yang ada BUS-BUS tersebut. Fenomena ini terjadi ketika unit-unit DG telah diintegrasikan pada BUS 2 ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya), unit-unit DG berperan sebagai generator. Beberapa dampak unit-unit DG berperan sebagai generator mempengaruhi performansi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya).

- Rugi-Rugi Daya Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya).

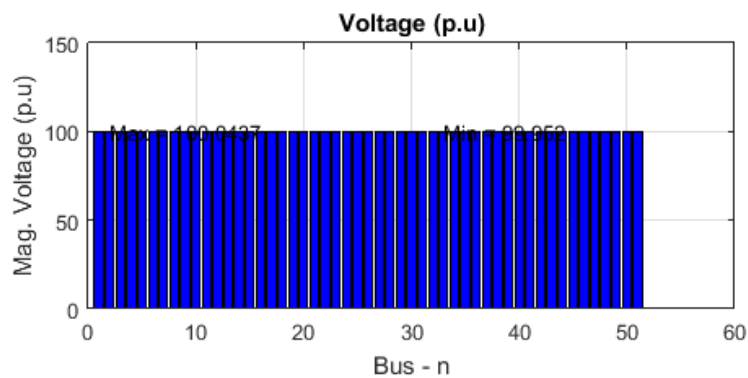
Mengacu pada kajian referensi pada BAB II, injeksi unit-unit DG pada jaringan RDS dipengaruhi oleh penempatan/alokasi, ukuran/besar, jenis / tipe dan jumlah unit-unit DG. Simulator DSS-CP berbasis HCT hanya melakukan pemodelan dan simulasi penempatan/alokasi, ukuran/besar dan jumlah unit-unit DG. Injeksi beberapa unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) mempengaruhi penurunan rugi-rugi daya secara perlahan-lahan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.6. Prosentase penurunan rugi-rugi daya total sebanding dengan penambahan kapasitas integrasi unit-unit DG dilakukan. Penurunan rugi-rugi daya total yang tajam terlihat pada injeksi dari 2 unit DG ke 3 unit DG. Semakin besar kapasitas unit DG yang diintegrasikan ke sistem maka penurunan rugi daya total juga semakin besar. Tapi fenomena ini belum tentu selamanya berlaku, karena hal ini sangat bergantung pada jenis/tipe dan karakteristik unit DG yang diinjeksikan.

- Profil Tegangan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya).

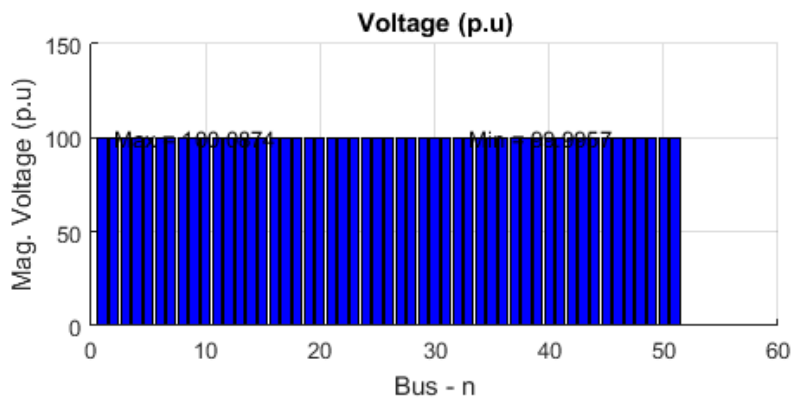
Profil tegangan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) mengalami kenaikan secara perlahan dengan injeksi beberapa unit-unit DG, seperti yang terlihat pada Gambar 4.17. Profil Tegangan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) yang terinjeksi beberapa unit DG mengalami perubahan seiring dengan penambahan jumlah dan ukuran unit-unit DG. Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) mengalami kenaikan profil tegangan akibat penetrasi unit-unit DG. Kenaikan profil tegangannya sudah melebihi untuk tegangan minimal adalah 0,99 (99%) p.u. dari standar minimal tegangan operasional jaringan RDS adalah 0,95 (95 %) p.u. Tetapi tegangan maksimalnya adalah 1,00(100 %) p.u. dimana tegangan tersebut masih berada dibawah maksimal tegangan operasional jaringan RDS yaitu 1,05 (105 %) p.u. Untuk itu, injeksi unit-unit DG yang optimum diperlukan metode optimasi penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG. Oleh sebab itu, Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat melakukan teknik optimasi untuk menempatkan/alokasi dan menetapkan/menentukan ukuran unit-unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS.



(a.) Profil Tegangan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) – Terintegrasi 1 Unit DG.



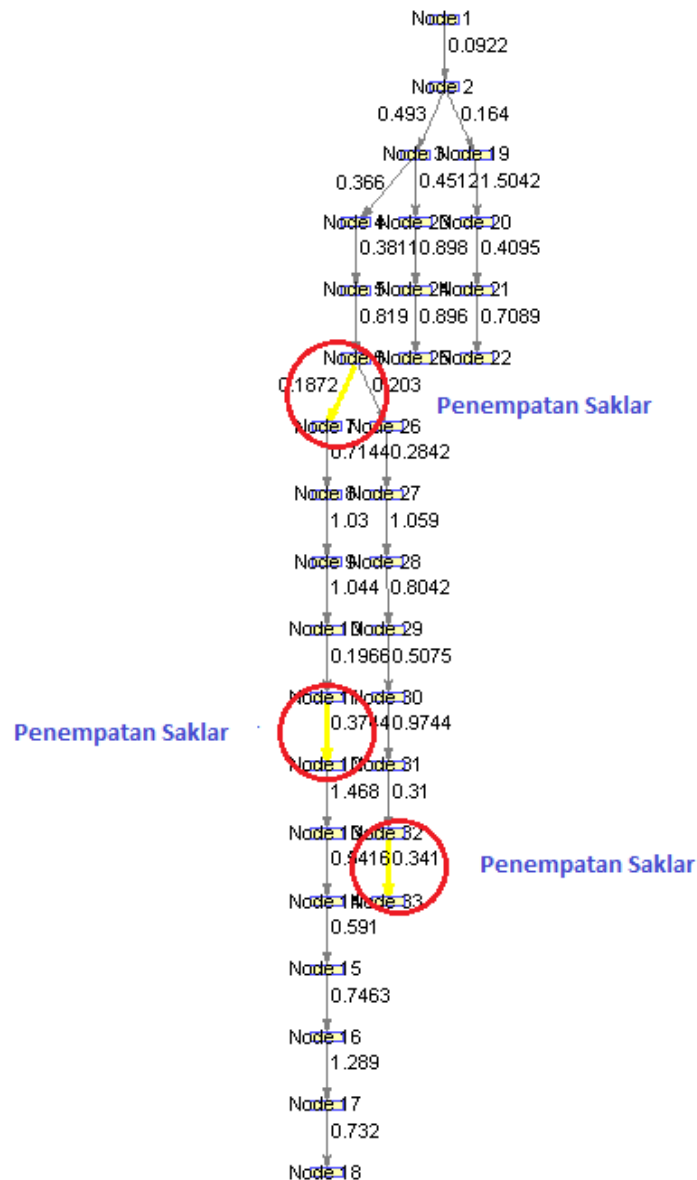
(b.) Profil Tegangan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) – Terintegrasi 2 Unit DG.



(c.) Profil Tegangan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) – Terintegrasi 3 Unit DG.

Gambar 4.17. Profil Tegangan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) Terintegrasi Beberapa Unit DG.





Gambar 4.18. Penempatan Saklar-Saklar pada Jaringan RDS-Sistem IEEE-33 BUS.

#### 4.2.3 Review Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Aktif

Hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan pemodelan dan simulasi aliran daya pada jaringan RDS aktif ( baik jaringan standar – Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS (Surabaya)). Pada sisi

perencanaan, Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat menunjukkan performansi aliran daya jaringan standar – Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) jika kedua sistem tersebut diinjeksi beberapa unit DG. Selama beberapa kondisi dipenuhi, Simulator DSS-CP berbasis HCT masih dapat melakukan pemodelan dan simulasi sesuai dengan kebutuhan sistem distribusi. Tapi pada sisi operasi, hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT perlu dipertimbangkan berdasarkan kondisi di lapangan sesungguhnya. Operasi sistem IEEE 30 BUS merupakan jaringan standar aktif dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang ditetapkan. Tapi operasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan jaringan riil aktif dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang mempertimbangkan kondisi lapangan. Beberapa hal yang harus diperhatikan jaringan RDS aktif direncanakan dan dioperasikan, adalah

- Integrasi Beberapa Unit DG pada Jaringan RDS

Integrasi beberapa unit DG ke jaringan RDS dapat meningkatkan performansi sistem distribusi tapi semakin banyaknya injeksi beberapa unit DG harus mempertimbangkan investasi yang harus dibutuhkan untuk pengadaan beberapa unit DG tersebut.

- Skalabilitas Perencanaan dan Operasi pada Jaringan RDS

Skalabilitas merupakan jangkauan dan rentang perencanaan dan operasi jaringan RDS aktif masih menunjukkan hasil performansi yang terbaik sesuai kebutuhan dan target yang dicapai.

Oleh sebab itu, sisi optimasi, Simulator DSS-CP berbasis HCT harus dapat memberikan penyelesaian awal untuk injeksi beberapa unit DG yang optimal dari sisi teknis. Sisi teknis tersebut adalah penempatan/alokasi dan penentuan/penetapan ukuran yang optimal unit-unit DG diinjeksikan ke jaringan RDS.

## **BAB 5**

### **PEMODELAN DAN SIMULASI ADVANCED-OPF PADA PERENCANAAN TERKOORDINASI**

Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP diterapkan untuk penyelesaian *Advanced-OPF* berbasis metode *Hierarchical Clustering Technique-HCT* untuk analisis kegiatan perencanaan terkoordinasi pada jaringan RDS. Simulator DSS-CP berbasis HCT melakukan formulasi pemodelan & simulasi *advanced-OPF* yang diusulkan dalam penelitian disertasi ini adalah penerapan teknik pengelompokan secara hirarki / bertingkat (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) yang terintegrasi pada kegiatan perencanaan koordinasi (*coordinated planning-CP*). HCT akan mengelompokkan strategi *advanced-OPF* sebagai metode penyelesaian OPF lanjut untuk menganalisis rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor bank (*bank capacitor allocation*) dan penempatan unit DG (*DG allocation*) secara hirarki dengan tujuan meminimumkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimalkan daya aktif keluaran DG (PDG) dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Perencanaan terkoordinasi jaringan RDS yang dikembangkan pada perencanaan, operasi dan optimasi sistem distribusi dengan mempertimbangkan beberapa hal, yaitu :

- **Peningkatan Kualitas Daya Listrik**

Peningkatan kualitas daya listrik yang harus diperhatikan yang utama adalah rugi-rugi saluran daya bisa diminimumkan. Kedua adalah profil tegangan dijaga sesuai range operasional jaringan sehingga deviasi tegangan antar BUS diminimalkan. Dan ketiga adalah daya aktif keluaran DG dimaksimalkan jika beberapa unit DG diintegrasikan. Semua peningkatan kualitas daya listrik tersebut diselesaikan dengan pemodelan dan simulasi advanced-OPF.

- **Strategi Perencanaan Terkoordinasi**

Strategi perencanaan terkoordinasi didasarkan hasil penyelesaian pemodelan dan simulasi advanced-OPF berbasis prioritas hasil keputusan HCT.

Strategi perencanaan terkoordinasi yang dilakukan Simulator DSS-CP berbasis HCT adalah

- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS
- Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS
- Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS
- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS
- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS
- Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS
- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS

Susunan strategi perencanaan terkoordinasi didasarkan pada kegiatan perencanaan sistem terdistribusi yang mulai tidak membutuhkan biaya investasi sampai yang benar-benar membutuhkan biaya investasi untuk peningkatan kualitas daya jaringan RDS. Advanced OPF- CP lebih menekankan pada perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS yang lebih fleksibel serta disesuaikan dengan kondisi yang ada. Tinjauan lebih jauh analisis advanced OPF – CP memberikan gambaran awal bagi para perencana operasional sistem distribusi.

## **5.1 Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS**

Mengacu pada kajian referensi di Bab 2, advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS merupakan permasalahan mengenai optimasi kombinatorial dimana kemungkinan kombinasi terbaik dengan cara membuka atau menutup dari *sectionalizing (normally close)* dan *tie switch (normally open)* yang harus ditemukan sehingga fungsi tujuan (*objective function*) dapat diminimalkan dengan tidak melanggar batasan-batasan (*constraints*) yang ditetapkan.

Tujuan umum dilakukannya rekonfigurasi jaringan RDS adalah untuk menurunkan total rugi-rugi daya (*power losses*) dan menurunkan deviasi tegangan

(*voltage deviation*). Konfigurasi ulang jaringan RDS memungkinkan sistem untuk melayani beban yang sama untuk memperoleh beban dengan rugi-rugi daya yang lebih rendah dalam sistem distribusi radial. Hal ini juga dapat menurunkan kelebihan beban dalam jaringan dan mencegah adanya ketidakseimbangan beban. Konfigurasi ulang jaringan RDS adalah cara yang efektif untuk meningkatkan kualitas daya dalam sistem distribusi radial dan meningkatkan keandalan tegangan listrik di sisi pengguna. Jaringan distribusi listrik dibangun sebagai jaringan yang saling berhubungan dan menyatu. Namun, jaringan tersebut diatur untuk beroperasi menjadi radial. Konfigurasi tersebut dapat bervariasi dengan operasi pensaklaran (*switching*) manual atau otomatis sehingga semua beban dapat terlayani dan dapat mengurangi daya yang hilang. Salah satu bentuk konfigurasi awal peletakan beberapa saklar dapat ditunjukkan pada Gambar 2.11. Peletakan saklar-saklar pada jaringan RDS berfungsi untuk konfigurasi ulang jaringan sehingga rekonfigurasi menghasilkan performansi jaringan RDS untuk memperoleh beban dengan rugi-rugi daya yang lebih rendah dan tetap dalam keadaan sistem distribusi radial.

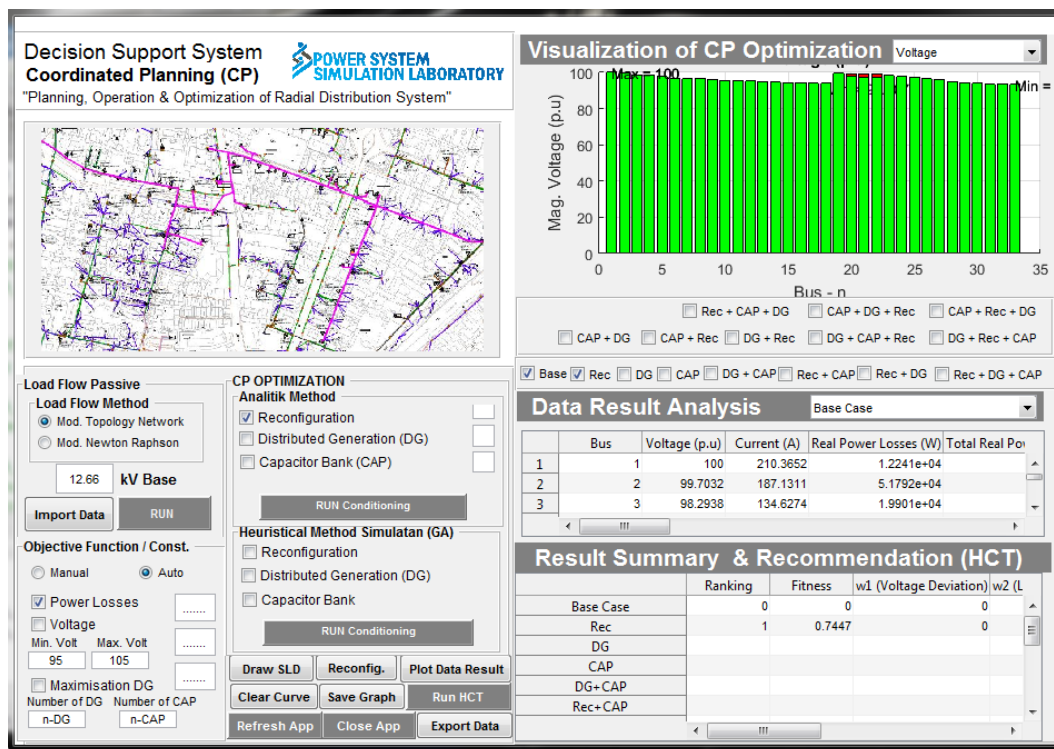
Analisis advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS dilakukan pada jaringan standar - sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Kedua jaringan RDS tersebut memiliki jumlah BUS yang berbeda dan orientasi optimasi yang berbeda pula. Sistem IEEE-33 BUS merupakan tes sistem standar untuk simulasi skala model dan Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS merupakan tes sistem riil untuk simulasi skala lapangan.

#### **5.1.1 Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS**

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan penyelesaian advanced OPF – CP rekonfigurasi jaringan pada sistem IEEE 33 BUS. Penyelesaian advanced OPF-CP tersebut dilakukan dengan optimasi tujuan tunggal (*single objective optimization*) dan optimasi tujuan banyak (*multi objective optimization*).

## Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33BUS – Optimasi Tujuan Tunggal

Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap rekonfigurasi jaringan pada Sistem IEEE 33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Hasil yang lengkap simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal ditunjukkan pada Lampiran 8.

Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS dengan penyelesaian optimasi fungsi obyektif tunggal telah menghasilkan performansi

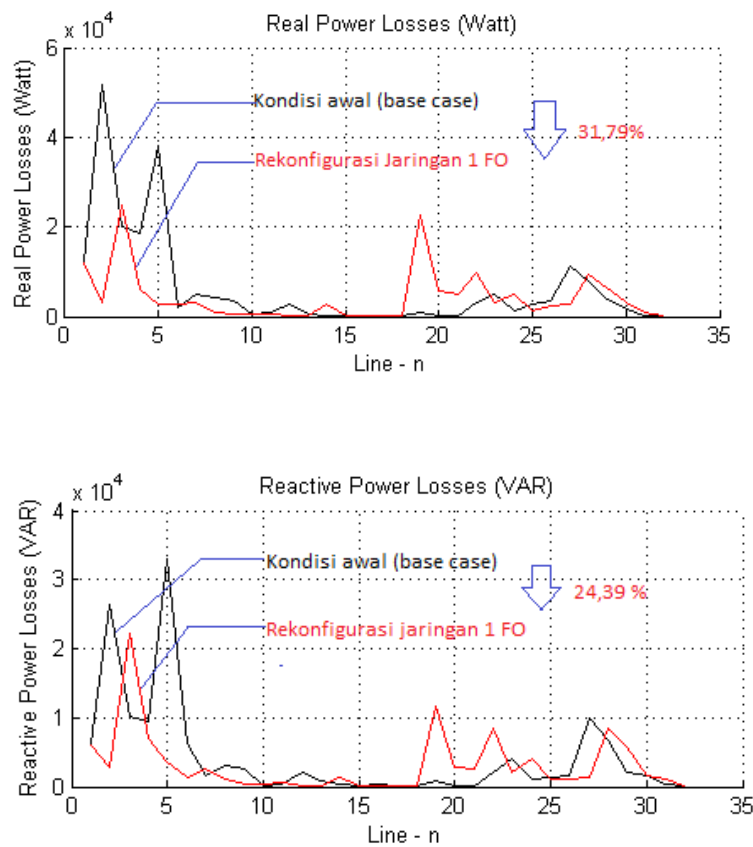
jaringan terutama pada rugi-rugi daya saluran dan profil tegangan. Berdasarkan Tabel 5.1, total rugi-rugi daya saluran (real) dapat diturunkan sebesar 31,79 % dan total rugi-rugi daya saluran (reaktif) dapat diturunkan sebesar 24,39 %. Sedangkan profil tegangan telah menunjukkan perubahan yang berarti pada tegangan minimal dari 0,9131 p.u. pada BUS-18 menjadi 0,9415 p.u. yang berada pada BUS-32. Sedangkan kondisi tegangan maksimalnya masih berada pada 1 p.u. yang masing-masing berada pada BUS-1.

Tabel 5.1. Performansi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

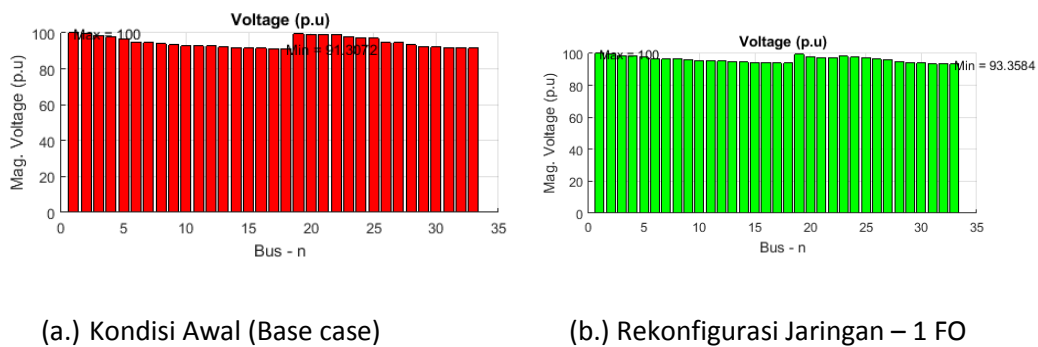
Advanced OPF (Fungsi Obyektif)	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max
Base Case	202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1
1	138252.9653	31.79414232	102178.241	24.3922859	94.15438	100	32	1

Performansi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.2. Profil tegangan setiap BUS - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal (seperti ditunjukkan pada Gambar 5.3) telah menunjukkan perubahan nilai tegangan minimum pada kondisi awal bernilai 0,9131 p.u. dan setelah rekonfigurasi jaringan bernilai 0,9415. Tetapi nilai tegangan maksimum bernilai 1 p.u. baik kondisi awal maupun setelah rekonfigurasi jaringan. Hal ini menunjukkan profil tegangan menjadi indikator terhadap deviasi tegangan.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif tunggal menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS semakin menurun (ditunjukkan pada Gambar 5.4). Sehingga dampak rekonfigurasi jaringan dapat mengurangi rugi-rugi daya, meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS. Selain itu, rekonfigurasi jaringan dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dikonfigurasi ulang.

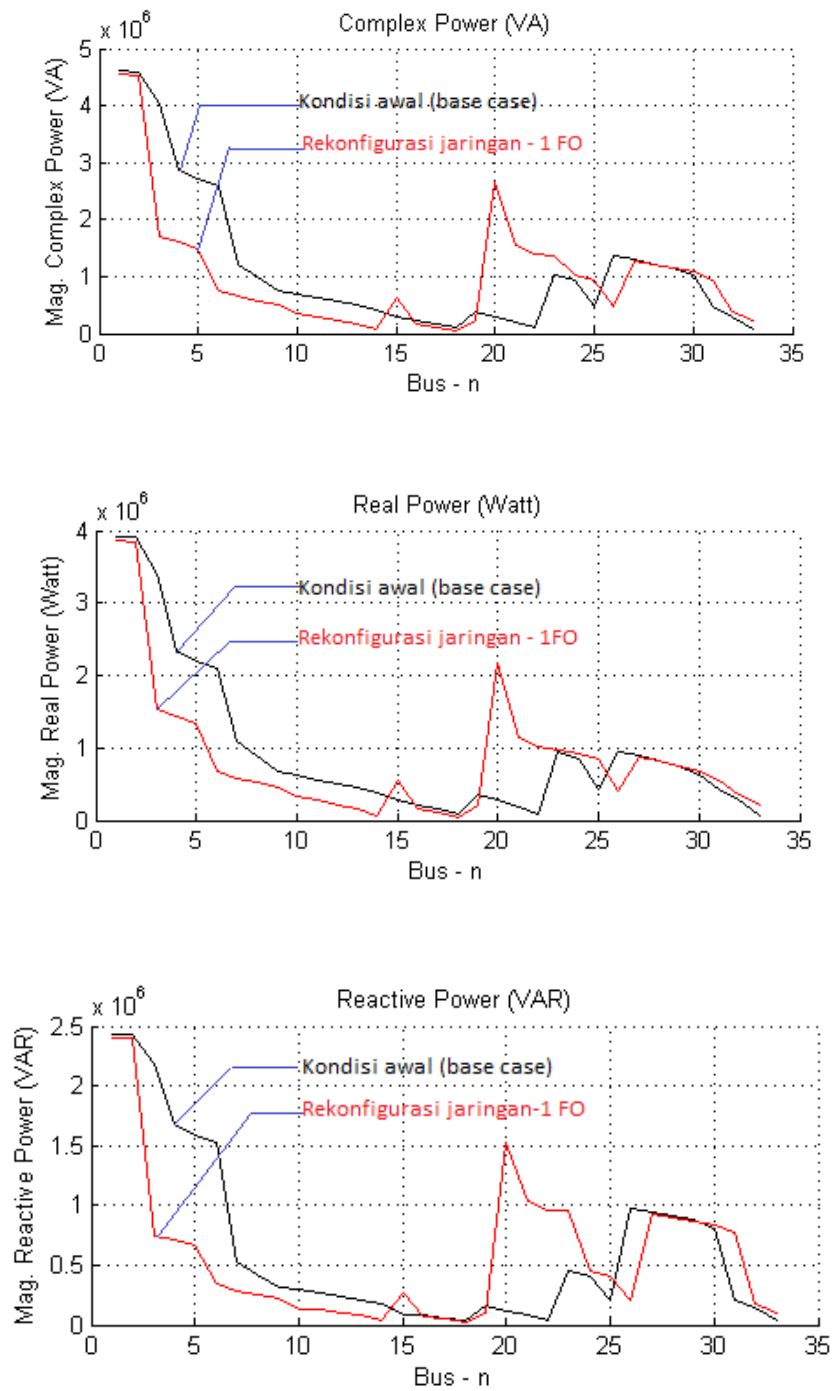


Gambar 5.2. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.



Gambar 5.3. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

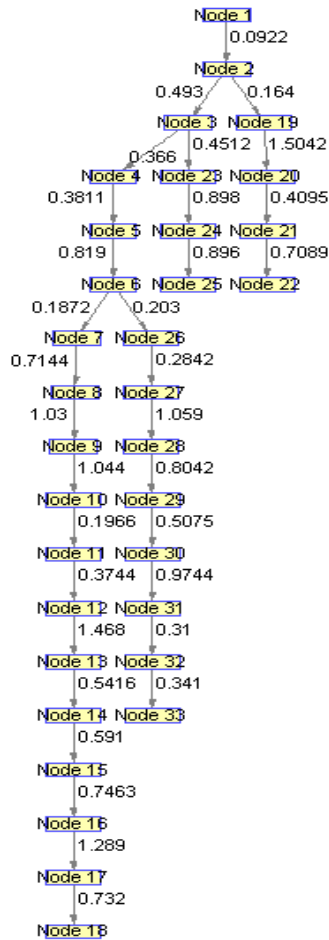




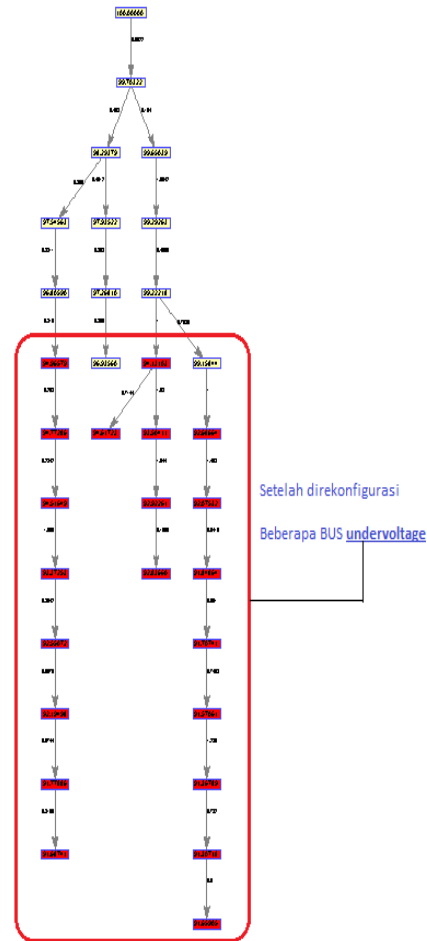
Gambar 5.4. Aliran Daya - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

Rekonfigurasi jaringan telah mempengaruhi perubahan topologi jaringan dimana perubahan posisi BUS-BUS disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan (seperti terlihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6). Kedua topologi jaringan telah

menghasilkan perubahan-perubahan pada nilai rugi-rugi daya saluran, profil tegangan setiap BUS dan profil aliran daya jaringan. Rekondigurasi jaringan dengan 1 fungsi obyektif tunggal telah mengoptimasi nilai rugi-rugi saluran turun dan nilai tegangan mengalami peningkatan dari kondisi awal dan sesudah direkonfigurasi.



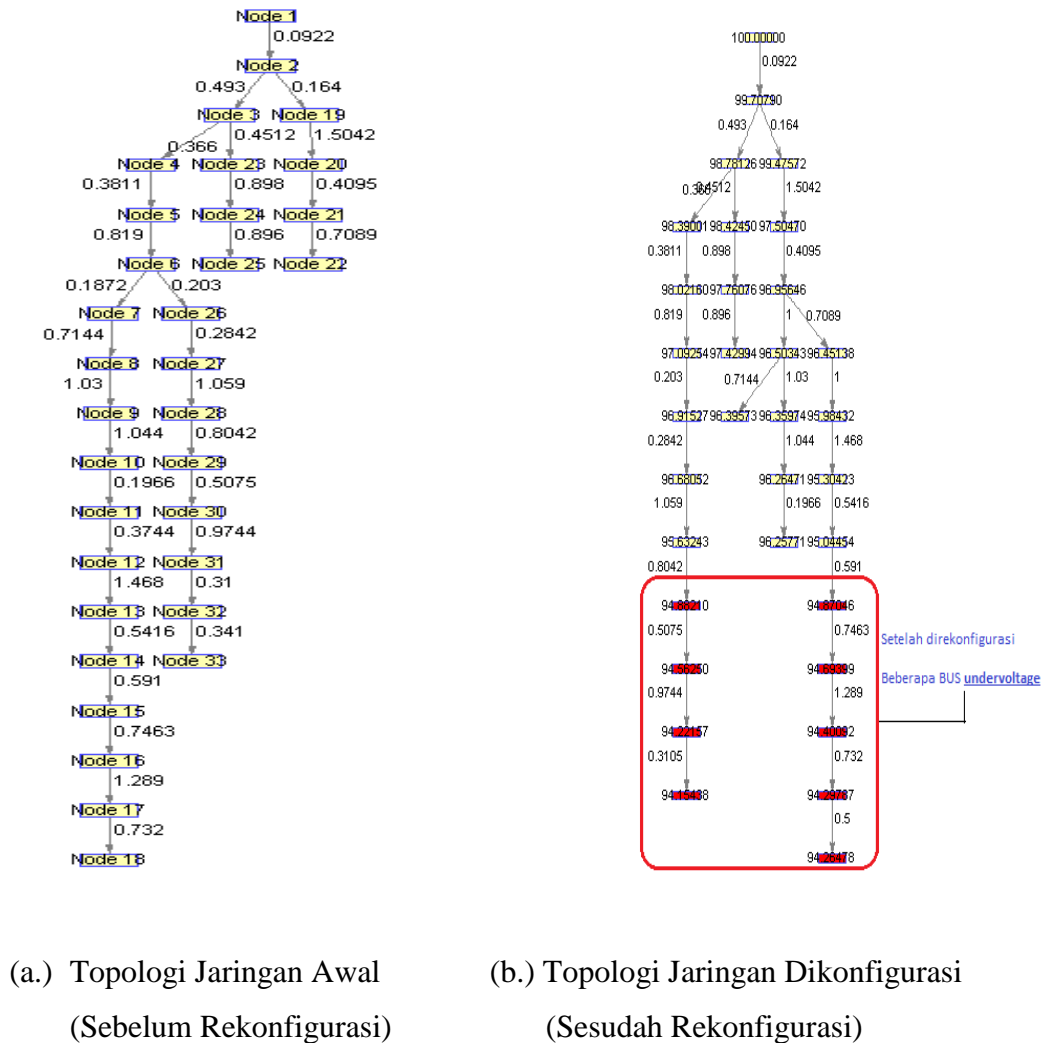
(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)



(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.5. Topologi Jaringan Sesudah Rekonfigurasi Kondisi – I.

Hal yang menarik dari hasil simulasi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif tunggal adalah masih adanya nilai tegangan pada beberapa BUS masih dibawah nilai tegangan yang dipersyaratkan. Oleh sebab itu rekonfigurasi jaringan selamanya belum menghasilkan performansi jaringan yang dibutuhkan.

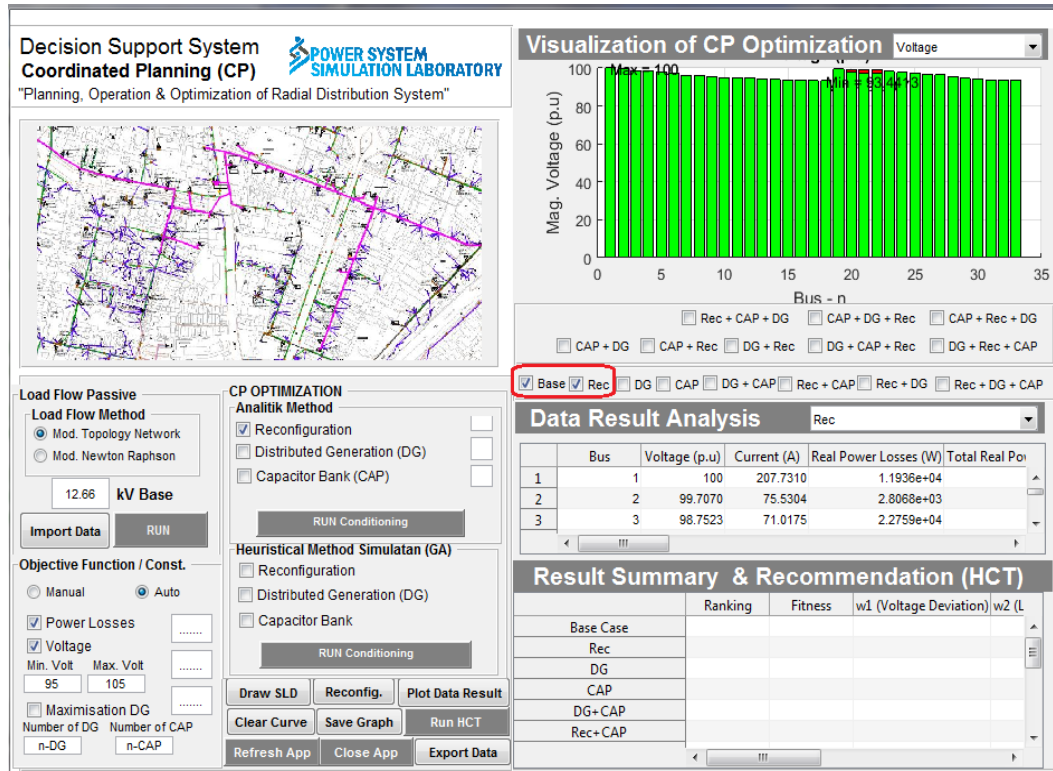


Gambar 5.6. Topologi Jaringan Sesudah Rekonfigurasi Kondisi – II.

### Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33BUS – Optimasi Tujuan Banyak

Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif banyak (*multi*

*objective*) dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap rekonfigurasi jaringan pada Sistem IEEE-33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif banyak ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Hasil yang lengkap simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif banyak ditunjukkan pada Lampiran 9.

Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS dengan penyelesaian optimasi fungsi obyektif banyak (2 fungsi obyektif) telah menghasilkan performansi jaringan terutama pada rugi-rugi daya saluran dan profil tegangan. Berdasarkan Tabel 5.2, total rugi-rugi daya saluran (real) dapat diturunkan sebesar 31,79 % dan total rugi-rugi daya saluran (reaktif) dapat diturunkan sebesar 24,39%. Sedangkan profil tegangan telah menunjukkan perubahan yang berarti pada tegangan minimal dari 0,9131 p.u. menjadi 0,9415

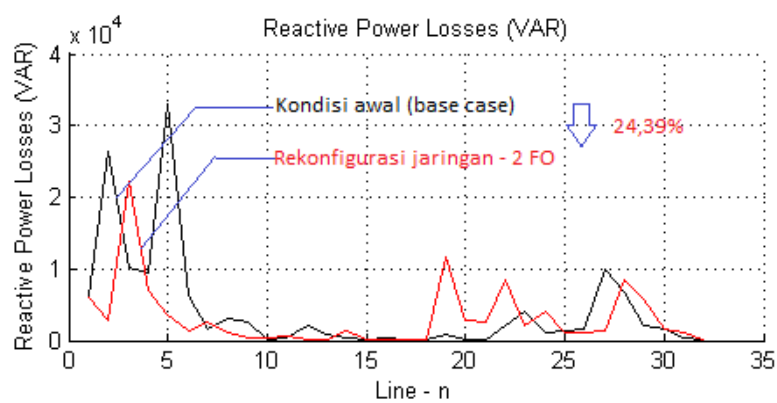
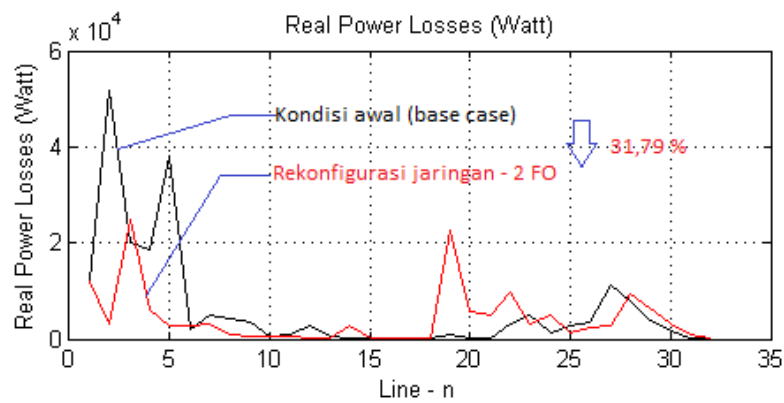
p.u. yang keduanya berada pada BUS-18 dan BUS-32. Tegangan minimum masih berada pada tegangan yang ditetapkan pada tegangan minimum 0,9500 p.u. Sedangkan kondisi tegangan maksimalnya masih berada pada 1 p.u. pada BUS-1 dan BUS-30.

Tabel 5.2. Performansi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

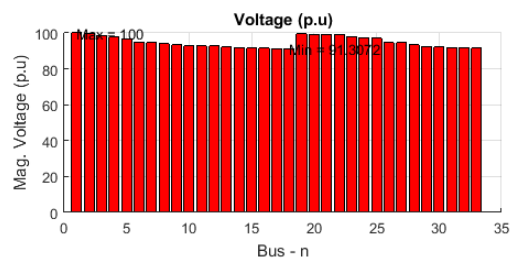
Advanced OPF (Fungsi Obyektif)	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max
Base Case	202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1
2	138252.9653	31.79414232	102178.241	24.3922859	94.15438	100	32	1

Performansi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.8. Profil Tegangan Setiap BUS - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak masih memiliki kemiripan dengan Profil Tegangan Setiap BUS - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal. Hal ini bisa ditunjukkan pada Gambar 5.9 dimana profil tegangan telah menunjukkan perubahan yang berarti tegangan minimal pada kondisi awal (base case) dan setelah direkonfigurasi.

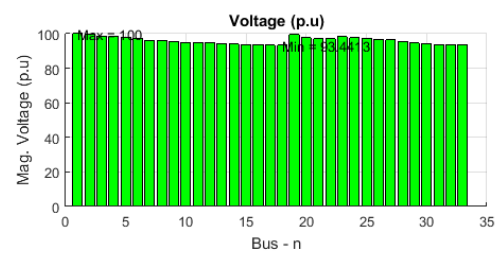
Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif banyak menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS semakin menurun secara fluktuasi (Lihat Gambar 5.10). Sehingga dampak rekonfigurasi jaringan dapat menurunkan rugi-rugi daya, meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS. Selain itu, rekonfigurasi jaringan dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dikonfigurasi ulang.



Gambar 5.8. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

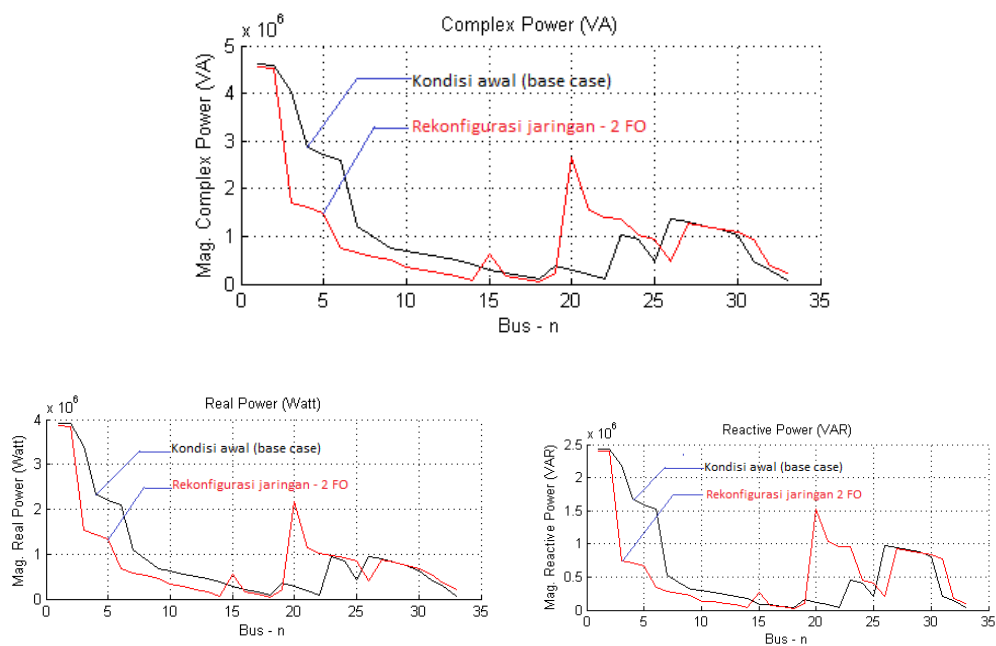


(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Rekonfigurasi Jaringan – 2 FO

Gambar 5.9. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

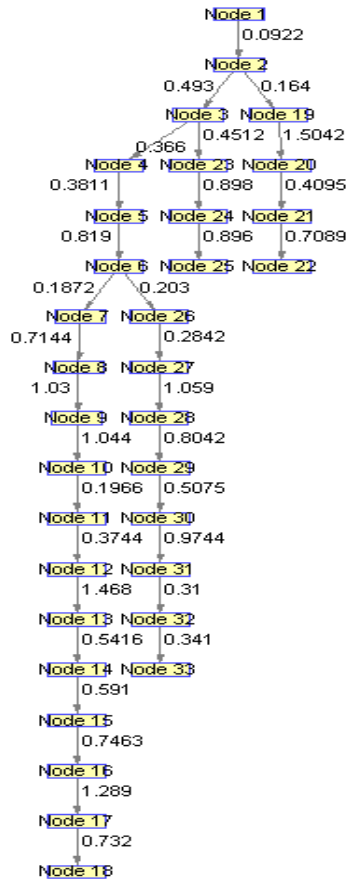


Gambar 5.10. Aliran Daya - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

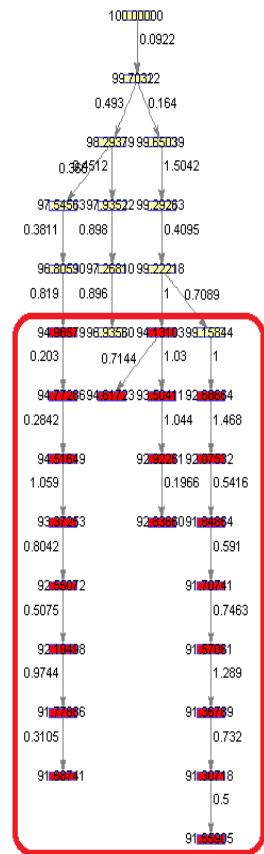
Topologi jaringan sebelum rekonfigurasi menunjukkan kondisi awal jaringan dimana ada beberapa BUS memiliki tegangan yang berada dibawah tegangan nominal yang ditetapkan.

Rekonfigurasi jaringan telah mempengaruhi perubahan topologi jaringan dimana perubahan posisi BUS-BUS disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan (seperti terlihat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12). Kedua topologi jaringan telah menghasilkan perubahan-perubahan pada nilai rugi-rugi daya saluran, profil tegangan setiap BUS dan profil aliran daya jaringan. Rekonfigurasi jaringan dengan 2 fungsi obyektif tunggal telah mengoptimasi nilai rugi-rugi saluran turun dan nilai tegangan mengalami peningkatan dari kondisi awal dan sesudah direkonfigurasi.

Hal yang menarik dari hasil simulasi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif banyak adalah masih adanya nilai tegangan pada beberapa BUS masih dibawah nilai tegangan yang dipersyaratkan. Oleh sebab itu rekonfigurasi jaringan selamanya belum menghasilkan performansi jaringan yang dibutuhkan.



(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

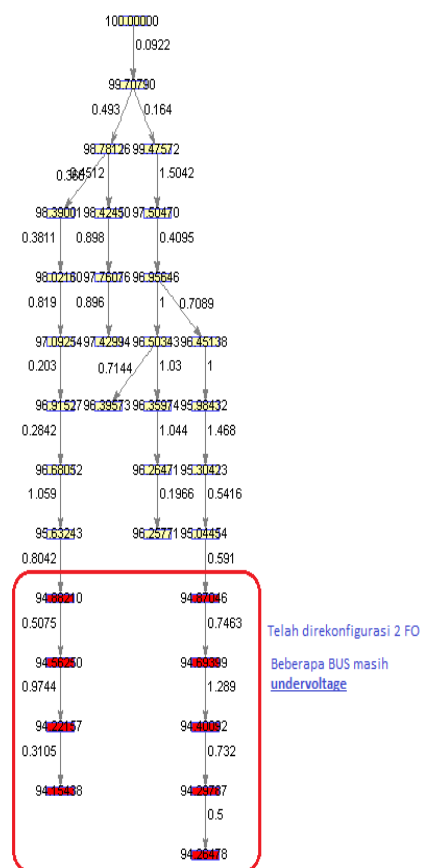


(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.11. Topologi Jaringan Sesudah Rekonfigurasi Kondisi – I.

Sehingga Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS dengan penyelesaian optimasi fungsi obyektif tunggal (1 fungsi obyektif) maupun banyak (2 fungsi obyektif) telah menghasilkan performansi jaringan terutama pada rugi-rugi daya saluran dapat diminimumkan tetapi profil tegangan setiap BUS belum semua memenuhi kriteria yang ditetapkan. Oleh sebab itu, Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Sistem IEEE-33 BUS dapat dioptimalkan lagi dengan Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS dan Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS.





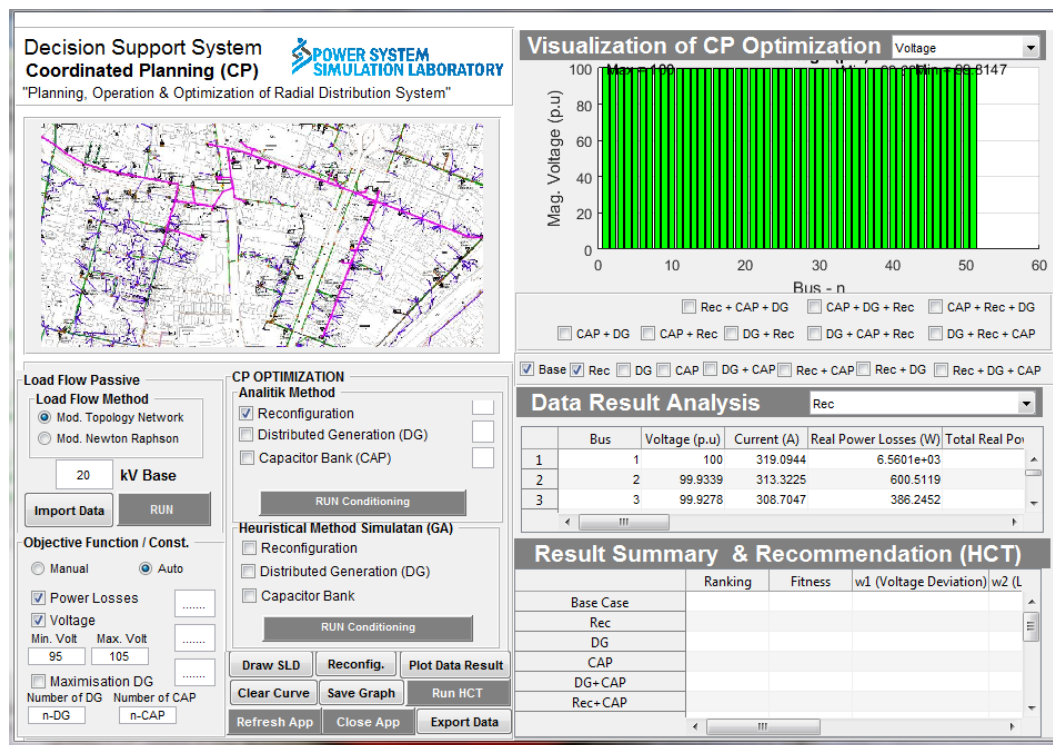
(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.12. Topologi Jaringan Sesudah Rekonfigurasi Kondisi – II.

### 5.1.2 Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan penyelesaian advanced OPF – CP rekonfigurasi jaringan pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya). Penyelesaian advanced OPF-CP tersebut dilakukan dengan optimasi tujuan tunggal (*single objective optimization*) dan optimasi tujuan banyak (*multi objective optimization*). Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki

Rahmat (Surabaya) merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal maupun banyak dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya). Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap rekonfigurasi jaringan pada Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya) dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal maupun banyak ditunjukkan pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat -51 BUS.

Hasil yang lengkap simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat -51 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal maupun banyak ditunjukkan pada Lampiran 10.

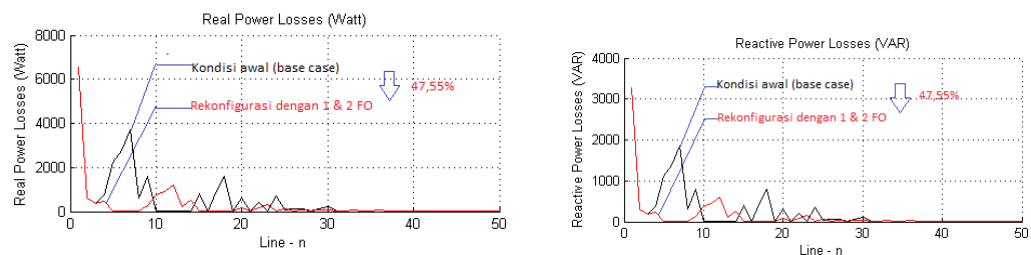
Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS dengan penyelesaian optimasi fungsi obyektif tunggal maupun banyak telah menghasilkan performansi jaringan terutama pada rugi-rugi daya saluran dan profil tegangan.

Berdasarkan Tabel 5.3, total rugi-rugi daya saluran (real) dapat diturunkan sebesar 47,55 % dan total rugi-rugi daya saluran (reaktif) juga dapat diturunkan sebesar 47,55 %. Sedangkan profil tegangan telah menunjukkan perubahan yang berarti pada tegangan minimal dari 0,9969 p.u. pada BUS-33 menjadi 0,9982 p.u. yang berada pada BUS-43. Sedangkan kondisi tegangan maksimalnya masih berada pada 1 p.u. yang masing-masing berada pada BUS-1.

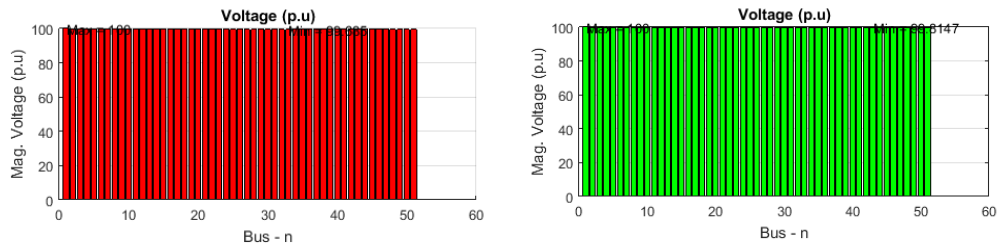
Tabel 5.3. Performansi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Advanced OPF (Fungsi Obyektif)	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max
Base Case	25413.67608		12707.3762		99.68501	100	33	1
1	13330.08541	47.54759063	6665.21441	47.5484607	99.81472	100	43	1
2	13330.08541	47.54759063	6665.21441	47.5484607	99.81472	100	43	1

Performansi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS dengan Fungsi Obyektif Tunggal maupun banyak tidak mengalami perubahan. Sehingga hal tersebut dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Banyak.

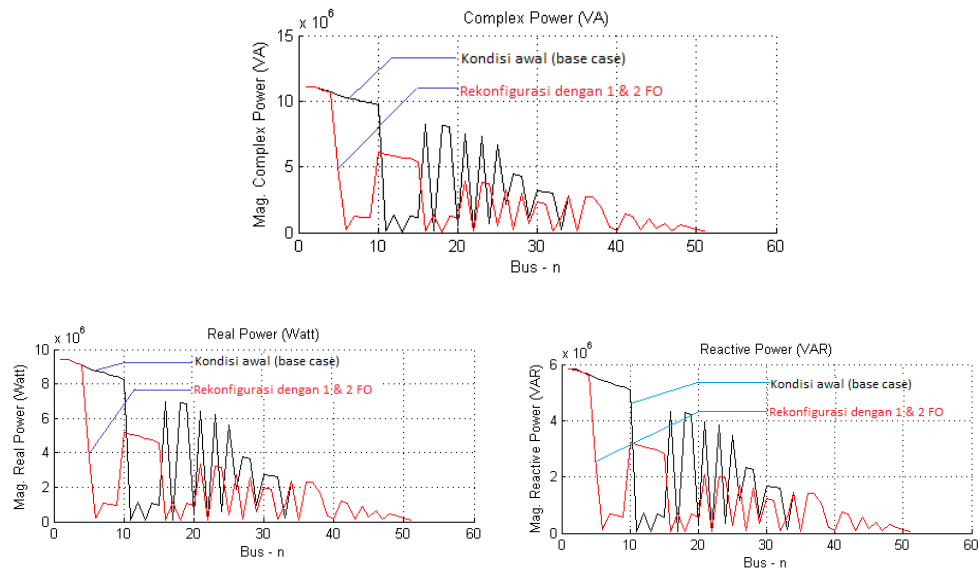


Gambar 5.15. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Banyak.

Profil tegangan setiap BUS - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Banyak (seperti ditunjukkan pada Gambar 5.15) telah menunjukkan perubahan nilai tegangan minimum pada kondisi awal bernilai 0,9969 p.u. dan setelah rekonfigurasi jaringan bernilai 0,9982. Tetapi nilai tegangan maksimum bernilai 1 p.u. baik kondisi awal maupun setelah rekonfigurasi jaringan. Hal ini menunjukkan profil tegangan menjadi indikator terhadap deviasi tegangan.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS pada fungsi obyektif tunggal/banyak menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS semakin menurun (seperti ditunjukkan Gambar 5.16). Sehingga dampak rekonfigurasi jaringan dapat mengurangi rugi-rugi daya, meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS. Selain itu, rekonfigurasi jaringan dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dikonfigurasi ulang.

Rekonfigurasi jaringan telah mempengaruhi perubahan topologi jaringan dimana perubahan posisi BUS-BUS disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan. Kedua topologi jaringan telah menghasilkan perubahan-perubahan pada nilai rugi-rugi daya saluran, profil tegangan setiap BUS dan profil aliran daya jaringan. Rekondigurasi jaringan dengan fungsi obyektif tunggal dan banyak telah mengoptimasi nilai rugi-rugi saluran turun dan nilai tegangan mengalami peningkatan dari kondisi awal sebelum dan sesudah direkonfigurasi.



Gambar 5.16. Aliran Daya - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Banyak.

Hal yang menarik dari hasil simulasi Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS pada fungsi obyektif tunggal dan banyak adalah nilai tegangan pada seluruh BUS sudah memenuhi nilai tegangan yang dipersyaratkan. Oleh sebab itu rekonfigurasi jaringan telah menghasilkan performansi jaringan yang dibutuhkan.

### 5.1.3 Review Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Kedua Jaringan RDS

Hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan analisis advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan RDS dilakukan pada jaringan standar - Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) 51 BUS. Kedua jaringan RDS tersebut memiliki jumlah BUS yang berbeda dan orientasi optimasi yang sama.

Pada sisi perencanaan, Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat menunjukkan performansi aliran daya jaringan standar – Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil - Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) 51 BUS jika kedua sistem tersebut dilakukan rekonfigurasi jaringan. Rekonfigurasi jaringan kedua jaringan RDS tersebut memiliki karakteristik topologi jaringan yang berbeda walaupun kedua jaringan RDS tersebut radial. Selama beberapa kondisi dipenuhi, Simulator

DSS-CP berbasis HCT masih dapat melakukan pemodelan dan simulasi sesuai dengan kebutuhan sistem distribusi. Tapi pada sisi operasi, hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT perlu dipertimbangkan berdasarkan kondisi di lapangan sesungguhnya. Operasi sistem IEEE-33 BUS merupakan jaringan standar dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang ditetapkan dalam rekonfigurasi. Tapi operasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan jaringan riil RDS dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang mempertimbangkan kondisi lapangan. Beberapa hal yang harus diperhatikan jaringan RDS aktif direncanakan dan dioperasikan, adalah

- Mekanisme Rekonfigurasi pada Jaringan RDS

Mekanisme rekonfigurasi jaringan RDS dapat meningkatkan performansi sistem distribusi dan semakin banyaknya rekonfigurasi jaringan yang tersedia memudahkan perencanaan dan operasi jaringan RDS tersebut.

- Skalabilitas perencanaan dan operasi pada jaringan RDS

Skalabilitas merupakan jangkauan dan rentang perencanaan dan operasi jaringan RDS masih menunjukkan hasil performansi yang terbaik sesuai kebutuhan dan target yang dicapai. Oleh sebab itu, sisi optimasi, Simulator DSS-CP berbasis HCT harus dapat memberikan penyelesaian awal untuk rekonfigurasi jaringan yang optimal dari sisi teknis. Sisi teknis tersebut adalah mekanisme operasi buka tutup saklar (*open/closed switch*) yang terpasang pada saklar sambungan (*tie switch*) antar BUS pada jaringan RDS

## **5.2 Analisis Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS**

Berdasarkan kajian referensi Bab 2 sebelumnya, kapasitor bank pada penyulang/pengumpan berada lebih dekat ke beban dimana kapasitor bank mendekati beban yang lebih efektif melepaskan kapasitas, memperbaiki profil tegangan, dan mengurangi rugi-rugi saluran jaringan. Hal ini berlaku terutama pada penyulang/pengumpan yang panjang yang memiliki rugi-rugi saluran dan

penurunan drop tegangan yang cukup besar. Telah terlihat kegunaan kapasitor bank pada penyulang memberikan banyak keuntungan namun ada kendala pada penempatan dan penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank yang optimal. Oleh sebab itu, penempatan dan penentuan/penetapan ukuran kapasitor bank menjadi salah satu tekanan dalam perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Analisis advanced OPF-CP-penempatan & penentuan kapasitor bank pada jaringan RDS dilakukan pada jaringan standar - Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya). Kedua jaringan RDS tersebut memiliki jumlah BUS yang berbeda dan orientasi optimasi yang berbeda pula. Sistem IEEE 33 BUS merupakan tes sistem standar untuk simulasi skala model dan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan tes sistem riil untuk simulasi skala lapangan.

#### **5.2.1 Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS – Sistem IEEE – 33 BUS**

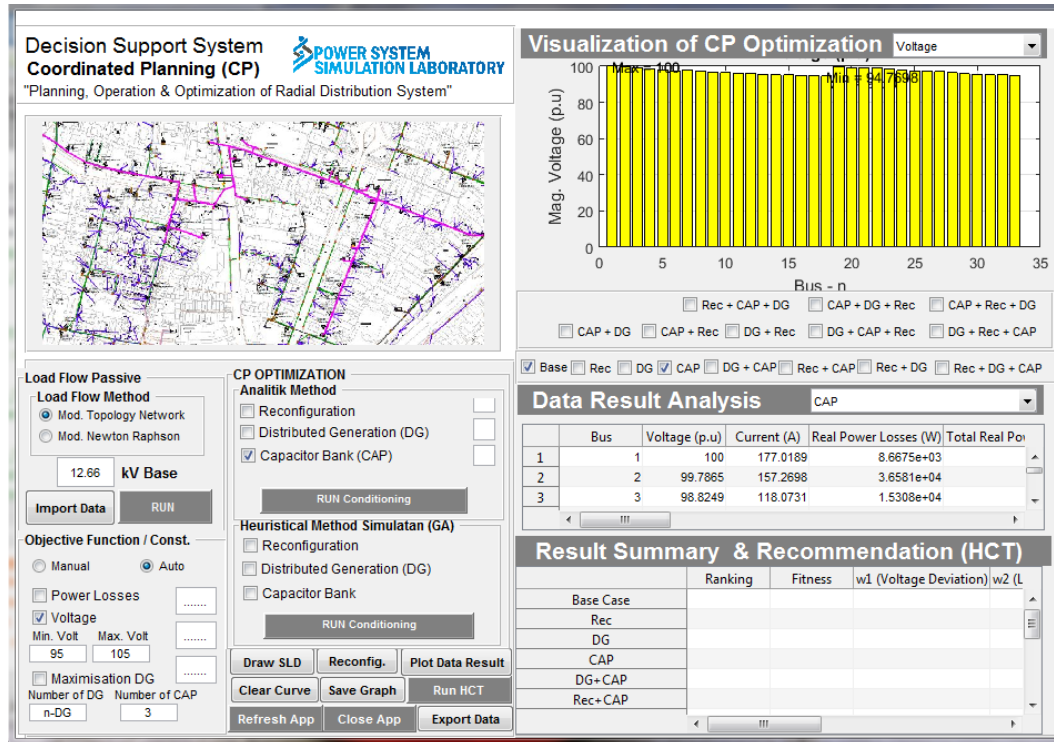
Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan penyelesaian advanced OPF – CP penempatan & penentuan kapasitor bank pada Sistem IEEE 33 BUS. Penyelesaian advanced OPF-CP tersebut dilakukan dengan optimasi tujuan tunggal (*single objective optimization*) dan optimasi tujuan banyak (*multi objective optimization*). Selain itu, penyelesaian advanced OPF-CP tersebut juga dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah kapasitor yang diinjeksikan ke jaringan.

##### **Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Optimasi Tujuan Tunggal**

Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE 33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal ditunjukkan pada Gambar 5.17.

Hasil yang lengkap SIMULATOR DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-

33 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dan injeksi varian jumlah kapasitor bank ditunjukkan pada Lampiran 11.



Gambar 5.17. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Tinjauan hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.4. Injeksi beberapa unit kapasitor bank mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika satu kapasitor bank diinjeksi ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 19,34 % dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 9,78 %.

Tapi ketika jumlah kapasitor bank ditambah dan diinjeksikan ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami kenaikan sebesar 28,226 % dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami kenaikan sebesar 67,77 %. Ini berarti, injeksi kapasitor bank ke jaringan RDS tidak selamanya dapat menurunkan rugi-rugi daya



jaringan tapi injeksi kapasitor bank tersebut dapat meningkatkan rugi-rugi daya jaringan.

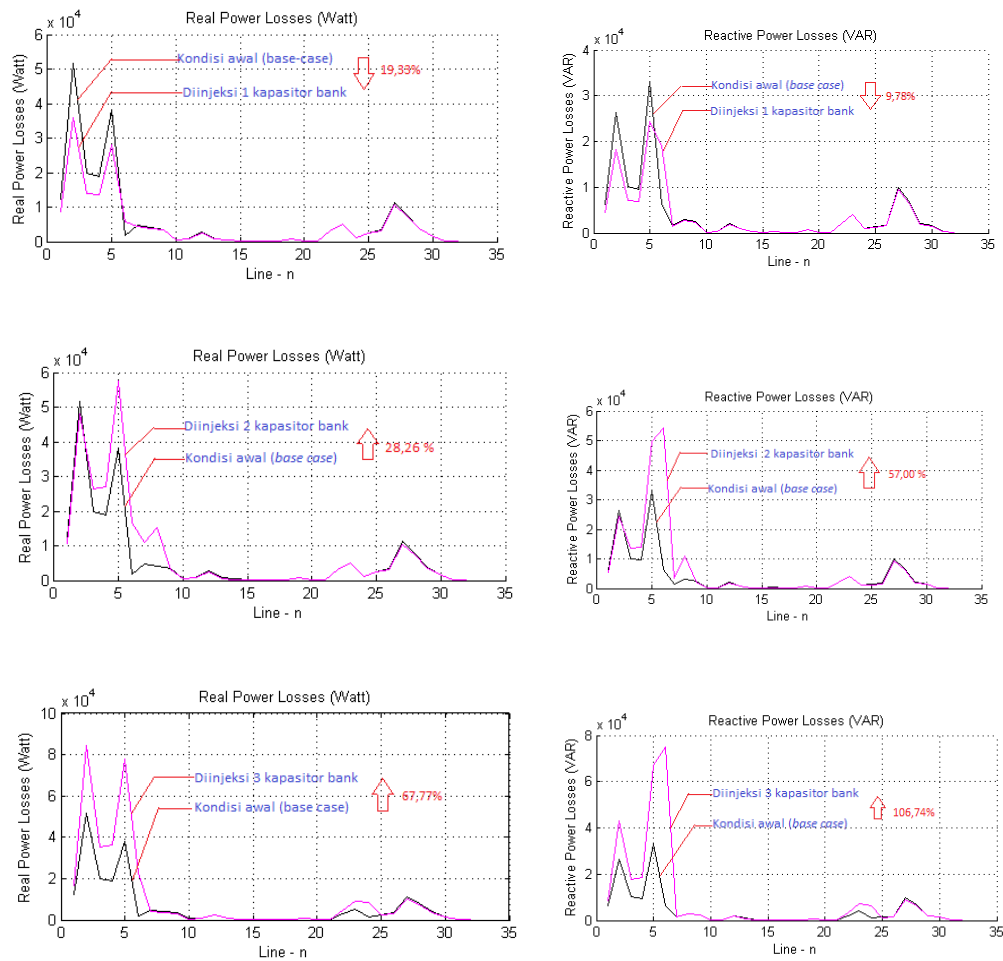
Tabel 5.4. Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.

Injeksi Kapasitor Bank (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case	202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1		
1	163499.646	19.3389193	121920.994	9.78345678	93.92176	100	1	33	2405480.81	7
2	259979.3499	-28.2584754	212179.39	-57.00406	95.32226	100	1	33	1700621.39	9
3	340073.4246	-67.7721672	279387.531	-106.73533	96.17751	100.8485	7	33	1332954.19	25

Jika ditinjau profil tegangan jaringan, injeksi kapasitor bank ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan.

Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dengan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksi dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.18. Pada saat awal, injeksi 1 (satu) kapasitor bank pada sistem IEEE 33 BUS dapat menurunkan rugi-rugi daya saluran tetapi injeksi 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada sistem tersebut berubah terbalik menjadi meningkat rugi-rugi daya saluran. Di sisi lain, injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS meningkatkan profil tegangan secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.19.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif tunggal menunjukkan

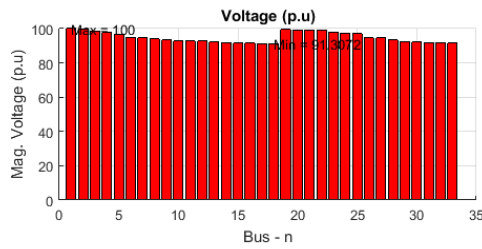


Gambar 5.18. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

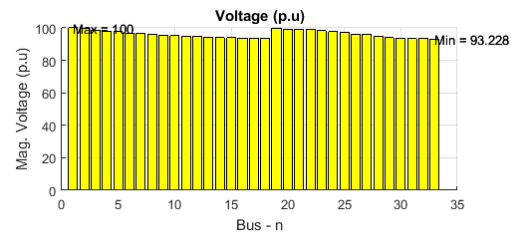
perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diinjeksi kapasitor bank (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.20).

Daya reaktif injeksi kapasitor bank mempengaruhi daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan kapasitor bank dapat tidak selalu mengurangi rugi-rugi daya, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

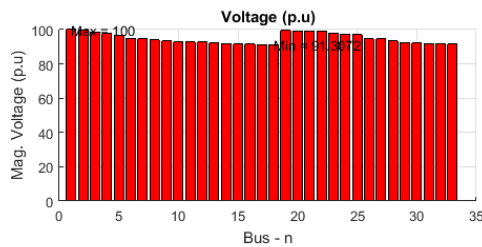
Selain itu, penempatan & penentuan kapasitor bank dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan injeksi beberapa kapasitor bank. Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank telah mempengaruhi performansi topologi jaringan dimana perubahan nilai-nilai aliran tegangan, aliran arus dan aliran daya disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan.



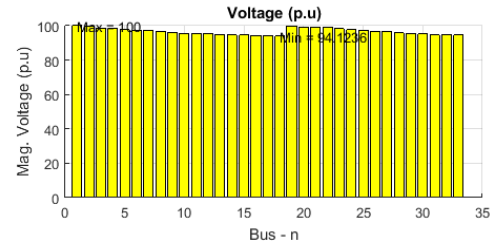
(a.) Kondisi Awal (Base case)



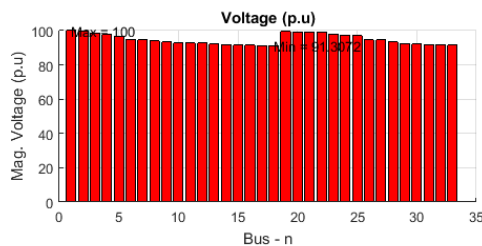
(b.) Injeksi 1 Kapasitor Bank



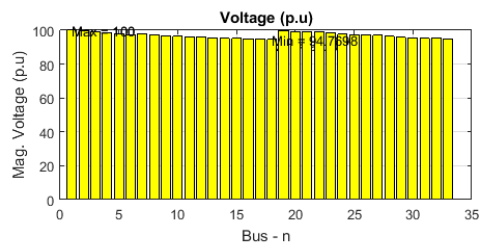
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Injeksi 2 Kapasitor Bank



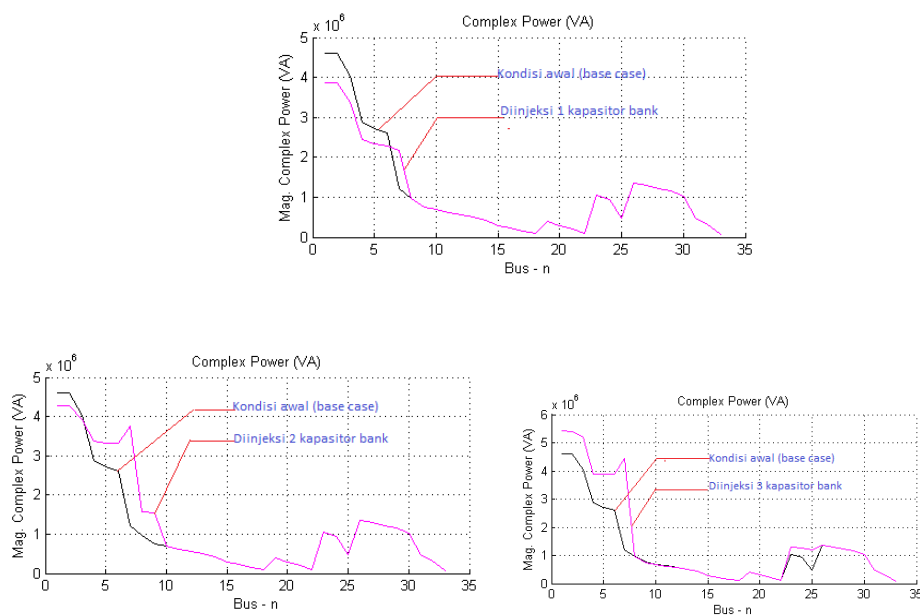
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.19. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE 33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif banyak ditunjukkan pada Gambar 5.21.



Gambar 5.20. Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

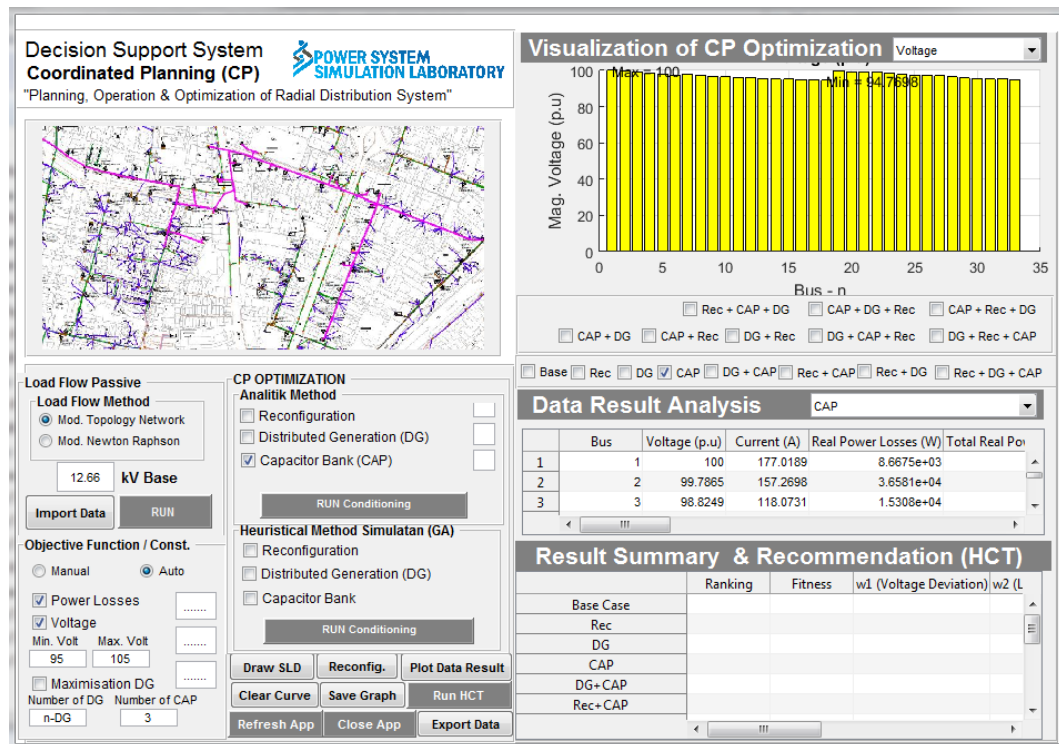
#### Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Optimasi Tujuan Multi/Banyak (Multi Objective Optimization)

Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan multi fungsi tujuan/obyektif dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan.

Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif banyak dan injeksi varian jumlah kapasitor bank ditunjukkan pada Lampiran 12.

Tinjauan hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.5. Injeksi beberapa unit kapasitor bank mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika satu kapasitor bank diinjeksi ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 19,34 % dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 9,78 %. Tapi ketika

jumlah kapasitor bank ditambah dan diinjeksikan ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami kenaikan mengalami kenaikan. Ini berarti, injeksi kapasitor bank ke jaringan RDS tidak selamanya dapat menurunkan rugi-rugi daya jaringan tapi injeksi kapasitor bank tersebut dapat meningkatkan rugi-rugi daya jaringan.



Gambar 5.21. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Jika ditinjau profil tegangan jaringan, injeksi kapasitor bank ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan. Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dengan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksi dapat ditunjukkan secara lebih detail melalui rugi-rugi daya setiap saluran, profil tegangan dan aliran daya setiap saluran.

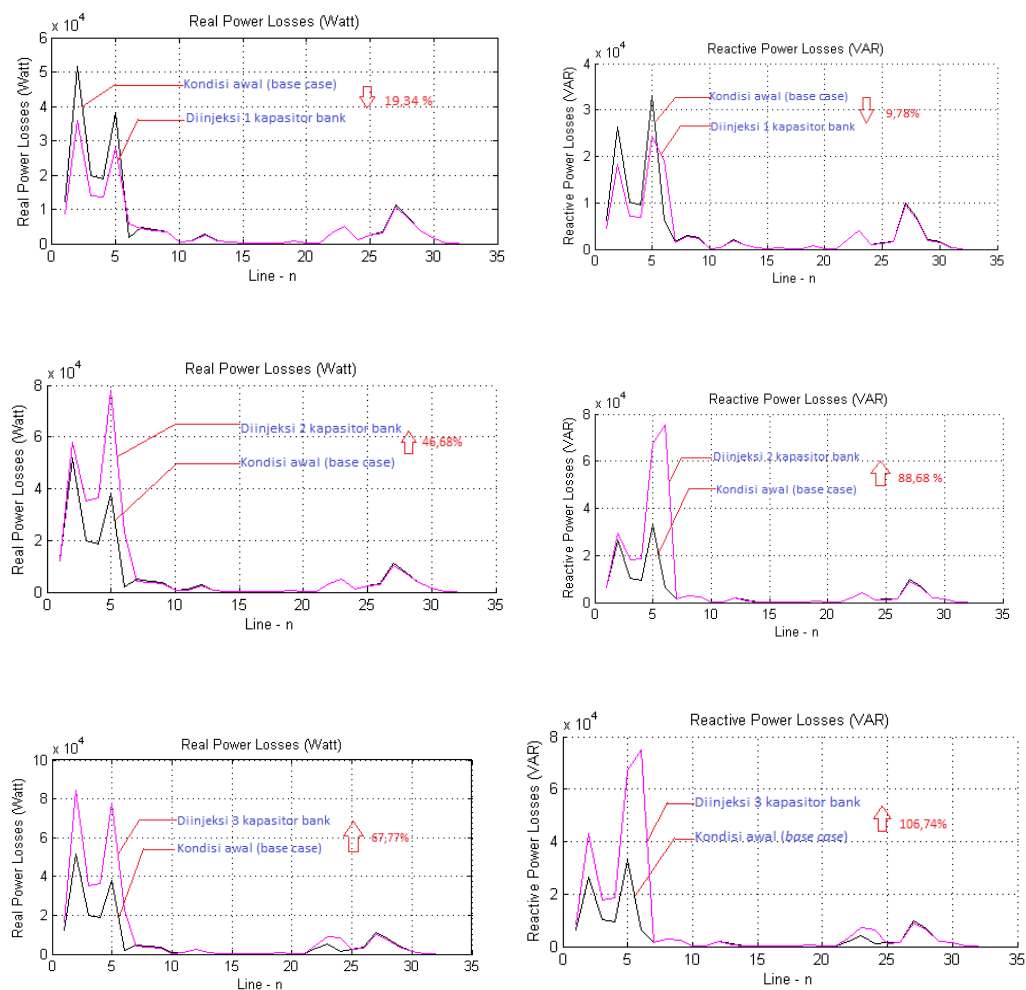
Tabel 5.5. Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.

Injeksi Kapasitor Bank (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case	202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1		
1	163499.646	19.3389193	121920.994	9.78345678	93.92176	100	1	33	2405480.81	7
2	297687.3104	-46.8613588	254981.31	-88.675728	95.93148	100.614	7	33	2422517.83	7
3	340073.4246	-67.7721672	279387.531	-106.73533	96.17751	100.8485	7	33	1332954.19	25

Pada saat awal, injeksi 1 (satu) kapasitor bank pada Sistem IEEE 33 BUS dapat menurunkan rugi-rugi daya saluran tetapi injeksi 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada sistem tersebut berubah terbalik menjadi meningkat rugi-rugi daya saluran. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.22. Di sisi lain, injeksi beberapa kapasitor bank ke Sistem IEEE 33 BUS meningkatkan profil tegangan secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.23.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif banyak menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diinjeksi kapasitor bank (seperti yang ditunjukkan Gambar 5.24). Daya reaktif injeksi kapasitor bank mempengaruhi daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan kapasitor bank tidak selalu mengurangi rugi-rugi daya, tetapi selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

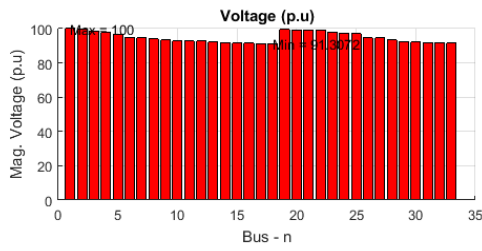
Selain itu, penempatan & penentuan kapasitor bank dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan injeksi beberapa kapasitor bank. Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank telah mempengaruhi performansi topologi jaringan dimana perubahan nilai-nilai aliran tegangan, aliran arus dan aliran daya disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan. Perubahan-perubahan nilai-nilai tersebut mempengaruhi performansi jaringan RDS. Penambahan jumlah dan kapasitas kapasitor bank juga harus dipertimbangkan penempatan kapasitor bank dalam jaringan RDS.



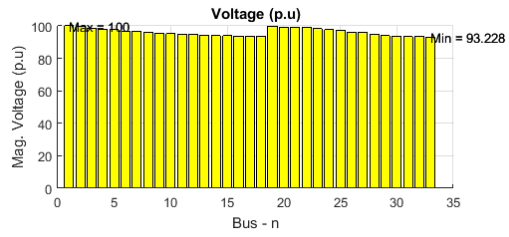
Gambar 5.22. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

Review Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33BUS – Optimasi Tujuan Tunggal (Single Objective Optimization) dan Optimasi Multi Tujuan (*Multi Objective Optimization*)

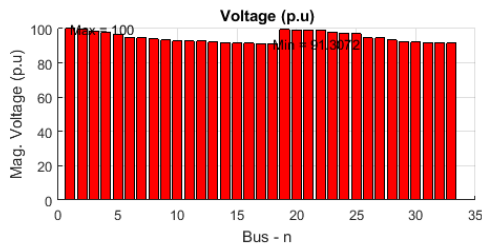
Analisis Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE-33 BUS dengan optimasi tujuan tunggal maupun banyak menghasilkan performansi terbaik pada peningkatan profil tegangan. Injeksi beberapa jumlah kapasitor pada Sistem 33 BUS mempengaruhi profil tegangan jaringan semakin meningkat.



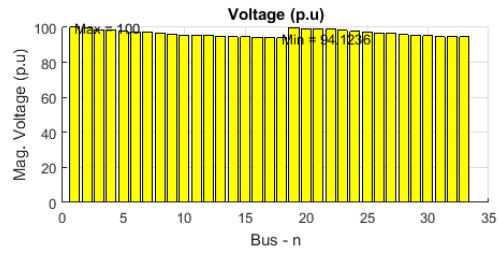
(a.) Kondisi Awal (Base case)



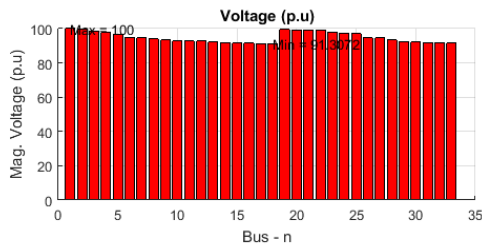
(b.) Injeksi 1 Kapasitor Bank



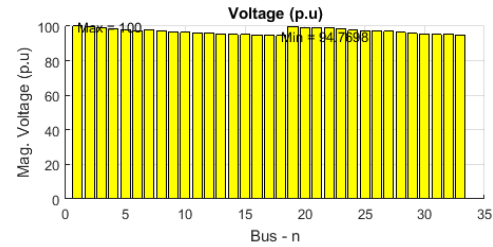
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Injeksi 2 Kapasitor Bank



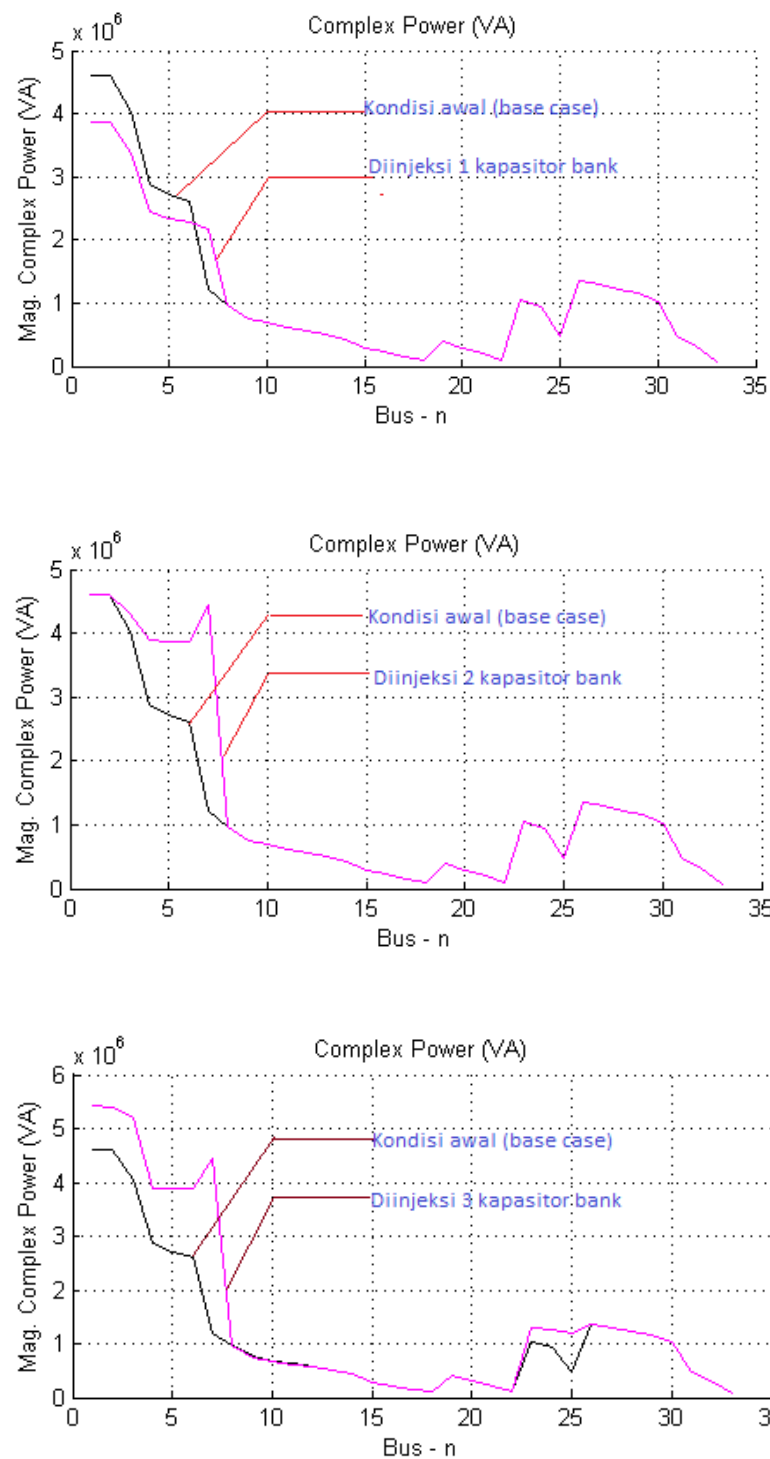
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.23. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.





Gambar 5.24. Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

Dampak lain adalah rugi-rugi daya saluran dapat dikurangi hanya sementara. Seiring semakin banyaknya kapasitor bank yang diinjeksikan ke Sistem-

33 BUS maka rugi-rugi daya saluran semakin meningkat. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE-33 BUS dengan Optimasi Tujuan Tunggal maupun Banyak.

Advanced OPF (Fungsi Obyektif)	Injeksi Kapasitor Bank (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case	0	202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1		
1	1	163499.646	19.3389193	121920.994	9.78345678	93.92176	100	1	33	2405480.81	7
	2	259979.3499	-28.2584754	212179.39	-57.00406	95.32226	100	1	33	1700621.39	9
	3	340073.4246	-67.7721672	279387.531	-106.73533	96.17751	100.8485	7	33	1332954.19	25
2	1	163499.646	19.3389193	121920.994	9.78345678	93.92176	100	1	33	2405480.81	7
	2	297687.3104	-46.8613588	254981.31	-88.675728	95.93148	100.614	7	33	2422517.83	7
	3	340073.4246	-67.7721672	279387.531	-106.73533	96.17751	100.8485	7	33	1332954.19	25

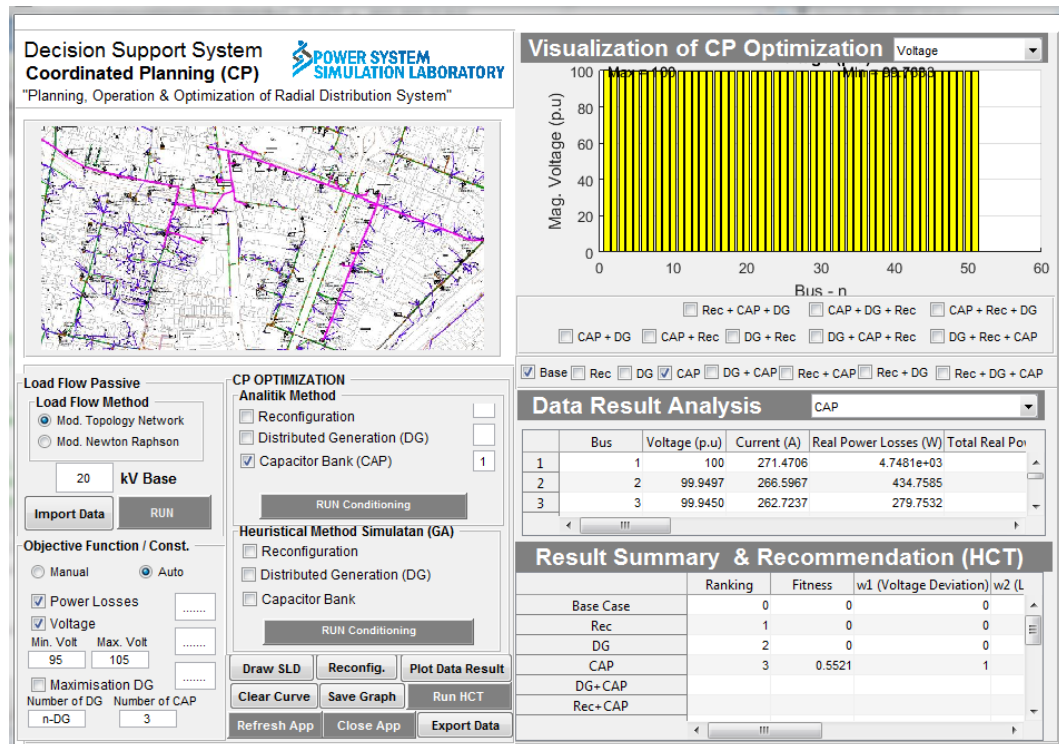
Profil tegangan minimum dan tegangan maksimum selalu meningkat seiring advanced-OPF dengan optimasi tujuan tunggal dan banyak yang diterapkan. Tetapi rugi-rugi daya total jaringan yang perlu dicermati dimana pada saat injeksi 1 unit kapasitor bank rugi-rugi daya total dapat diturunkan namun ketika injeksinya lebih dari 1 unit kapasitor bank menyebabkan rugi-rugi daya total seakin meningkat. Daya reaktif yang diinjeksikan melalui kapasitor bank menyebabkan aliran daya berlawanan arah dengan aliran daya sumber utama jaringan.

### 5.2.2 Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada jaringan riil RDS Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan multi fungsi tujuan/obyektif dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat - 51 BUS. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Penyulang Basuki Rahmat - 51 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dan banyak ditunjukkan pada Gambar 5.25.

Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Penyulang Basuki

Rahmat-51 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal/banyak dan injeksi varian jumlah kapasitor bank ditunjukkan pada Lampiran 13.



Gambar 5.25. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan Riil RDS – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Analisis Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS dengan optimasi tujuan tunggal maupun banyak menghasilkan performansi terbaik pada peningkatan profil tegangan. Injeksi beberapa jumlah kapasitor pada Penyulang Basuki Rahmat-51 mempengaruhi profil tegangan jaringan semakin meningkat dengan pelan. Dampak lain adalah rugi-rugi daya saluran dapat diturunkan sekitar 25-26 %. Seiring semakin banyaknya kapasitor bank yang diinjeksikan ke Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS maka rugi-rugi daya saluran semakin menurun. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Profil tegangan minimum selalu meningkat seiring advanced-OPF dengan optimasi tujuan tunggal dan banyak yang diterapkan. Tetapi profil tegangan maksimum selalu tetap pada 1 p.u. walaupun diinjeksikan beberapa kapasitor bank. Hal ini menunjukkan kondisi awal Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS telah

memiliki profil tegangan yang sudah cukup bagus namun dari sisi rugi-rugi daya masih memungkinkan dapat diminimalkan.

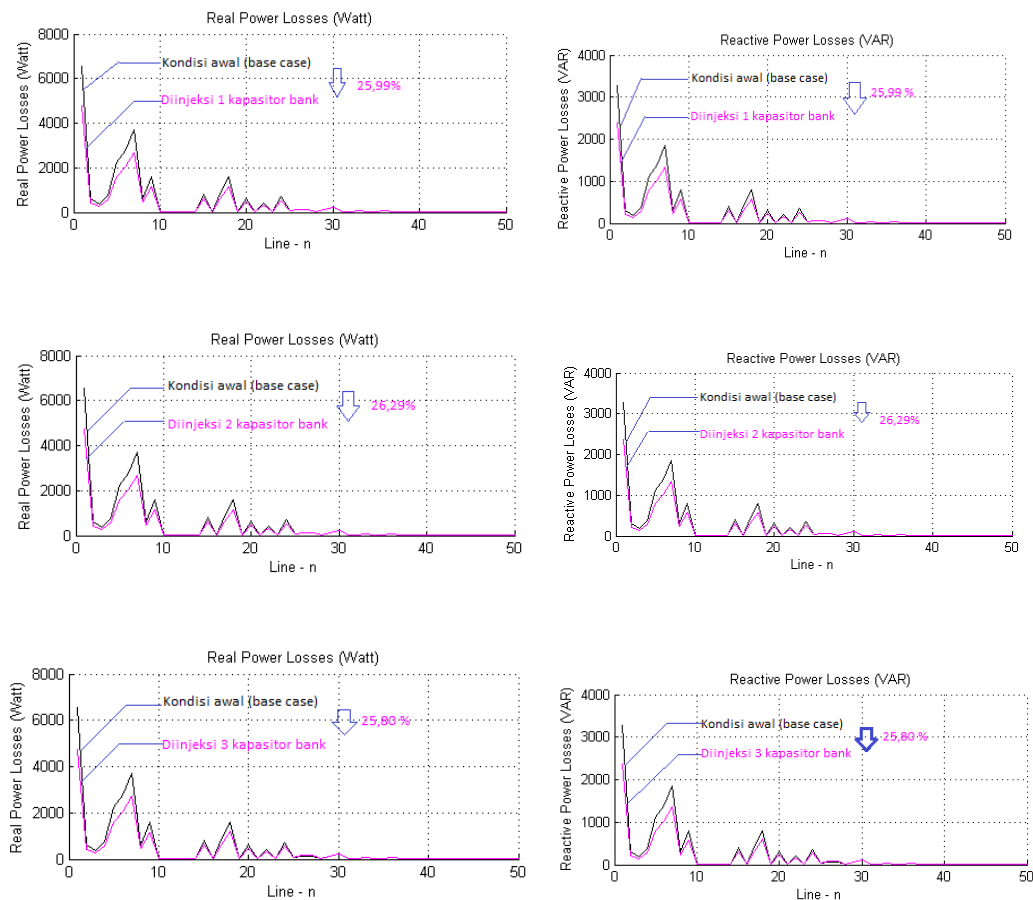
Tabel 5.7. Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS dengan Optimasi Tujuan Tunggal maupun Banyak.

Advanced OPF (Fungsi Obyektif)	Injeksi Kapasitor Bank (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case	0	25413.67608		12707.3762		99.68501	100	33	1		
1	1	18809.175	25.98798011	9404.96978	25.9881061	99.75248	100	1	33	4876653.17	18
	2	18732.70639	26.28887561	9366.73505	26.2889921	99.75793	100	1	33	611252.174	36
	3	18858.03419	25.7957246	9429.39861	25.7958647	99.76329	100	1	33	388169.289	18
2	1	18809.175	25.98798011	9404.96978	25.9881061	99.75248	100	1	33	4876653.17	18
	2	18732.70639	26.28887561	9366.73505	26.2889921	99.75793	100	1	33	611252.174	36
	3	18858.03419	25.7957246	9429.39861	25.7958647	99.76329	100	1	33	388169.289	18

Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Banyak dengan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksi dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.26.

Pada saat injeksi 1 (satu), injeksi 2(dua), dan 3 (tiga) kapasitor bank pada Penyulang Basuki Rahmat-51BUS dapat menurunkan rugi-rugi total daya saluran. Di sisi lain, injeksi beberapa kapasitor bank tersebut ke Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS juga dapat meningkatkan profil tegangan secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.27.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51BUS pada fungsi obyektif tunggal/banyak menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diinjeksi kapasitor bank. Daya reaktif injeksi kapasitor bank mempengaruhi daya reaktif dari sumber. Hal ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.28. Sehingga dampak penempatan & penentuan kapasitor bank tidak selalu mengurangi rugi-rugi daya, tetapi juga meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS. Selain itu, penempatan & penentuan kapasitor bank dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan injeksi beberapa kapasitor bank.



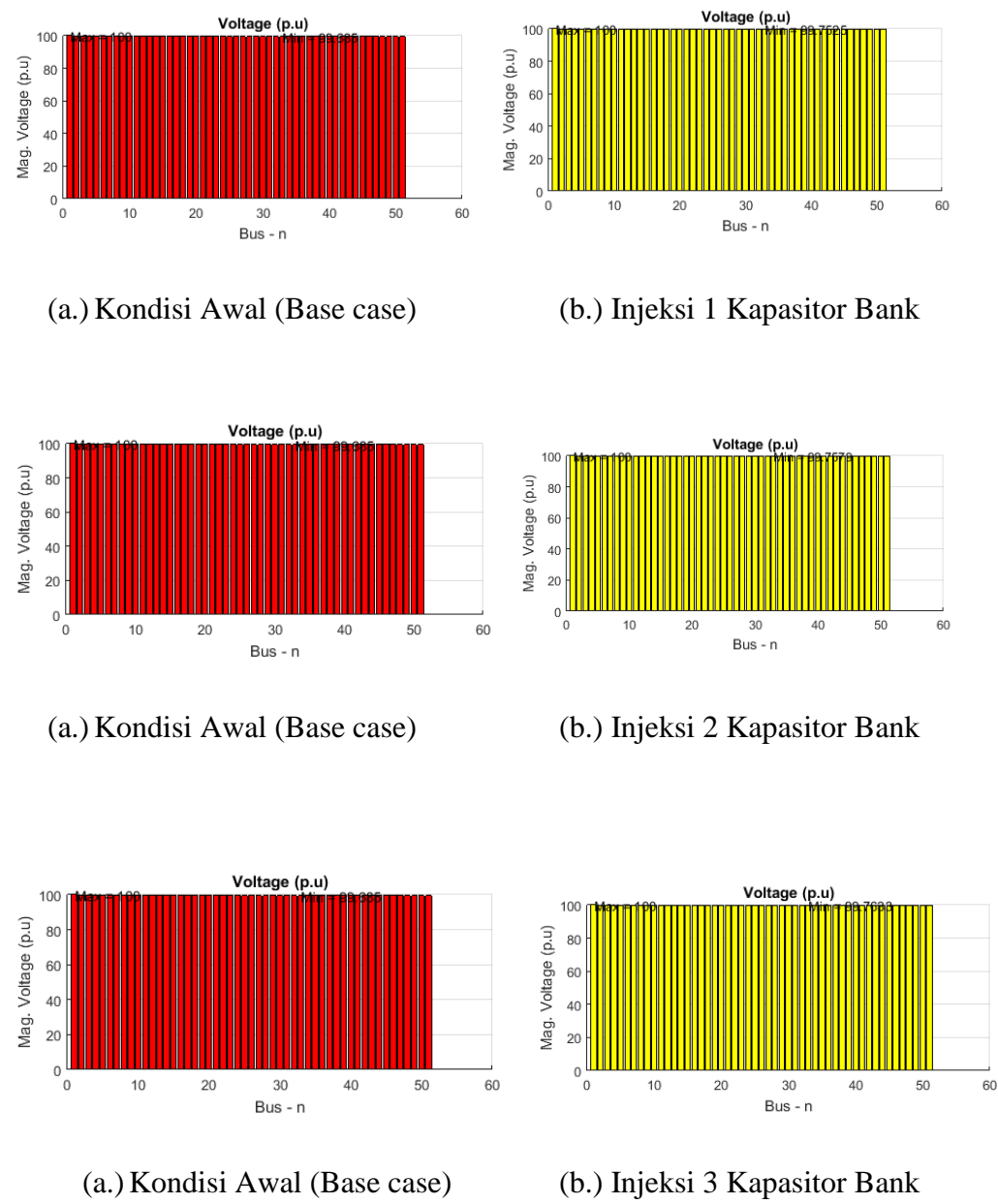
Gambar 5.26. Rugi-Rugi Daya Saluran - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank telah mempengaruhi performansi topologi jaringan dimana perubahan nilai-nilai aliran tegangan, aliran arus dan aliran daya disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan.

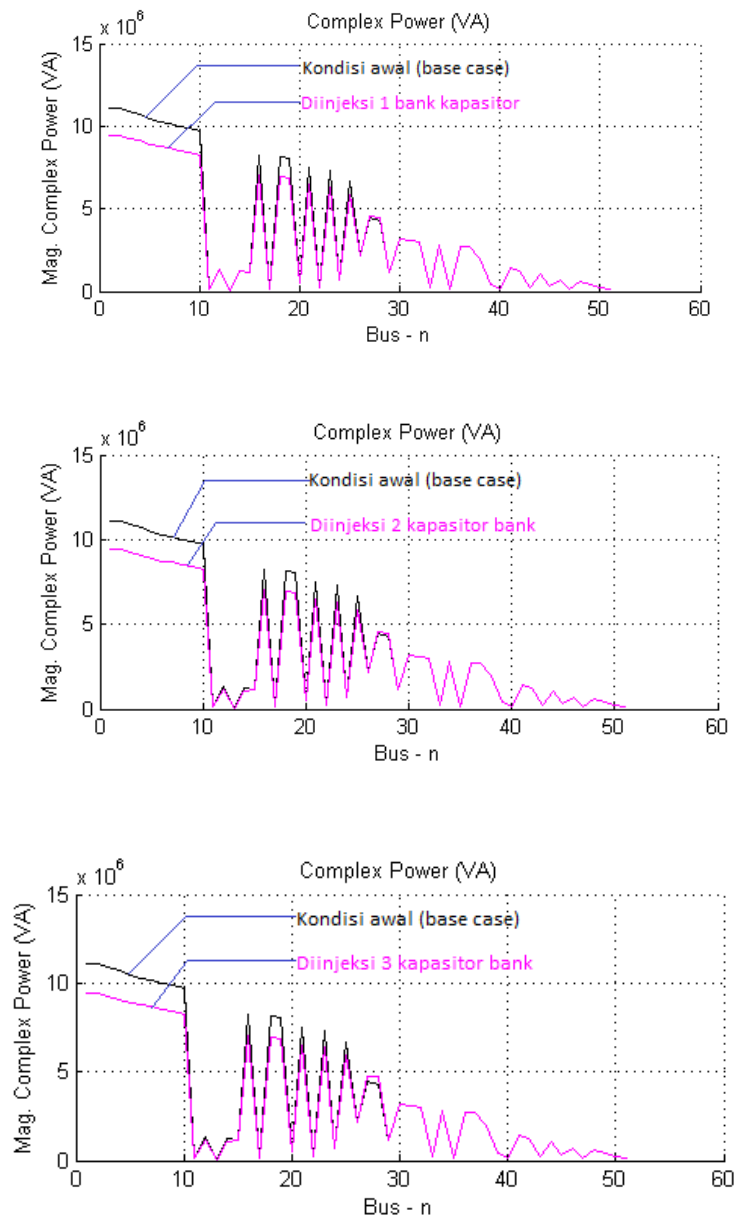
### 5.2.3 Review Analisis Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS

Hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan pemodelan dan simulasi aliran daya pada jaringan RDS pasif ( baik jaringan standar – Sistem IEEE-33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS). Pada sisi perencanaan, Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat menunjukkan performansi aliran daya jaringan standar – Sistem IEEE-33 BUS dan jaringan riil- Penyulang

Basuki Rahmat (Surabaya) jika kedua sistem tersebut diinjeksi beberapa kapasitor bank.



Gambar 5.27. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Banyak.



Gambar 5.28. Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51– Fungsi Obyektif Tunggal/Banyak.

Selama beberapa kondisi dipenuhi, Simulator DSS-CP berbasis HCT masih dapat melakukan pemodelan dan simulasi sesuai dengan kebutuhan sistem distribusi. Tapi pada sisi operasi, hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT perlu dipertimbangkan berdasarkan kondisi di lapangan sesungguhnya. Operasi Sistem IEEE-33 BUS merupakan jaringan standar dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang ditetapkan. Tapi operasi Penyulang

Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan jaringan riil dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang mempertimbangkan kondisi lapangan. Beberapa hal yang harus diperhatikan jaringan RDS aktif direncanakan dan dioperasikan, adalah

- **Injeksi Beberapa Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS**

Injeksi beberapa kapasitor bank ke jaringan RDS dapat meningkatkan performansi profil tegangan dan rugi-rugi daya total saluran sistem distribusi tapi semakin banyaknya injeksi beberapa kapasitor bank harus mempertimbangkan faktor daya yang mempengaruhi beban-beban yang membutuhkan daya reaktif.

- **Skalabilitas Perencanaan Dan Operasi Pada Jaringan RDS**

Skalabilitas merupakan jangkauan dan rentang perencanaan dan operasi jaringan RDS masih menunjukkan hasil performansi yang terbaik sesuai kebutuhan dan target yang dicapai.

Oleh sebab itu, sisi optimasi, Simulator DSS-CP berbasis HCT harus dapat memberikan penyelesaian awal untuk injeksi beberapa kapasitor bank yang optimal dari sisi teknis. Sisi teknis tersebut adalah penempatan/alokasi dan penentuan/penetapan ukuran yang optimal kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan RDS.

### **5.3 Analisis Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS**

Berdasarkan kajian referensi Bab 2 sebelumnya, penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG memberikan pengaruh aliran daya dan kondisi tegangan pada beban-beban jaringan RDS. Unit-unit DG harus handal, ekonomis, ukuran dan penempatannya sesuai kebutuhan. Tujuannya adalah mengurangi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan pada jaringan RDS. Di sisi lain, berdasarkan Review Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Aliran Daya Jaringan RDS – Aktif sebelumnya, beberapa unit DG yang diintegrasikan pada jaringan RDS telah menunjukkan perubahan performansi peningkatan kualitas daya. Perubahan performansi tersebut mempengaruhi pada sisi perencanaan, sisi operasi dan sisi optimasi jaringan RDS.



Analisis advanced OPF-CP-penempatan & penentuan unit-unit DG pada jaringan RDS dilakukan pada jaringan standar - Sistem IEEE-33 BUS dan jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya). Kedua jaringan RDS tersebut memiliki jumlah BUS yang berbeda dan orientasi optimasi yang berbeda pula. Sistem IEEE-33 BUS merupakan tes sistem standar untuk simulasi skala model dan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan tes sistem riil untuk simulasi skala lapangan

### **5.3.1 Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS– Sistem IEEE – 33 BUS**

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan penyelesaian advanced OPF – CP penempatan & penentuan unit-unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS. Penyelesaian advanced OPF-CP tersebut dilakukan dengan optimasi tujuan tunggal (*single objective optimization*) dan optimasi tujuan banyak (*multi objective optimization*). Selain itu, penyelesaian advanced OPF-CP tersebut juga dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan RDS.

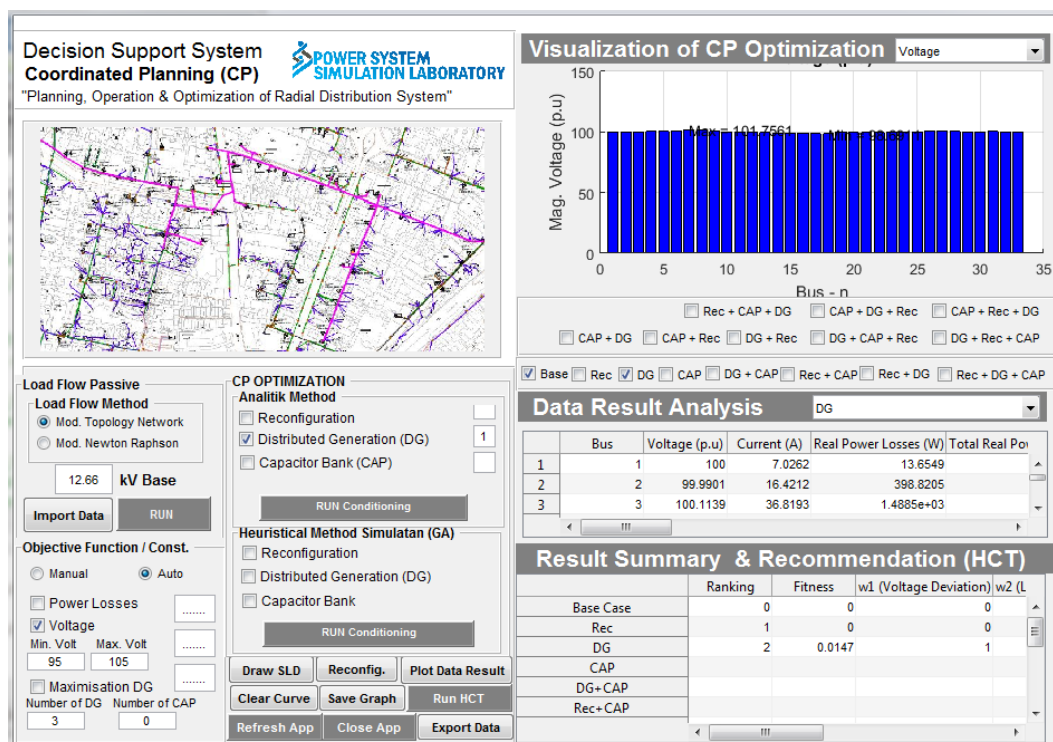
#### **Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Optimasi Tujuan Tunggal**

Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal ditunjukkan pada Gambar 5.29. Gambar 5.29. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS

dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dan injeksi varian jumlah unit-unit DG ditunjukkan pada Lampiran 14.

Analisis hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.8. Integrasi beberapa unit – unit DG mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika satu unit DG diintegrasikan ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 67,85 % dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 60,32 %.



Gambar 5.29. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Bahkan ketika jumlah unit DG ditambah dan diinjeksikan ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami kenaikan sekitar 67,22 % - 79,51% dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami kenaikan sekitar 70,56 % - 70,74%. Ini berarti, integrasi unit-unit DG ke jaringan RDS dapat menurunkan rugi-rugi daya jaringan

secara perlahan-lahan. Namun demikian, penambahan jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan harus mempertimbangkan segi tipe/jenis unit DG dan biaya investasi yang dibutuhkan untuk realisasi integrasi setiap unit DG.

Tabel 5.8. Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Integrasi Varian Unit DG.

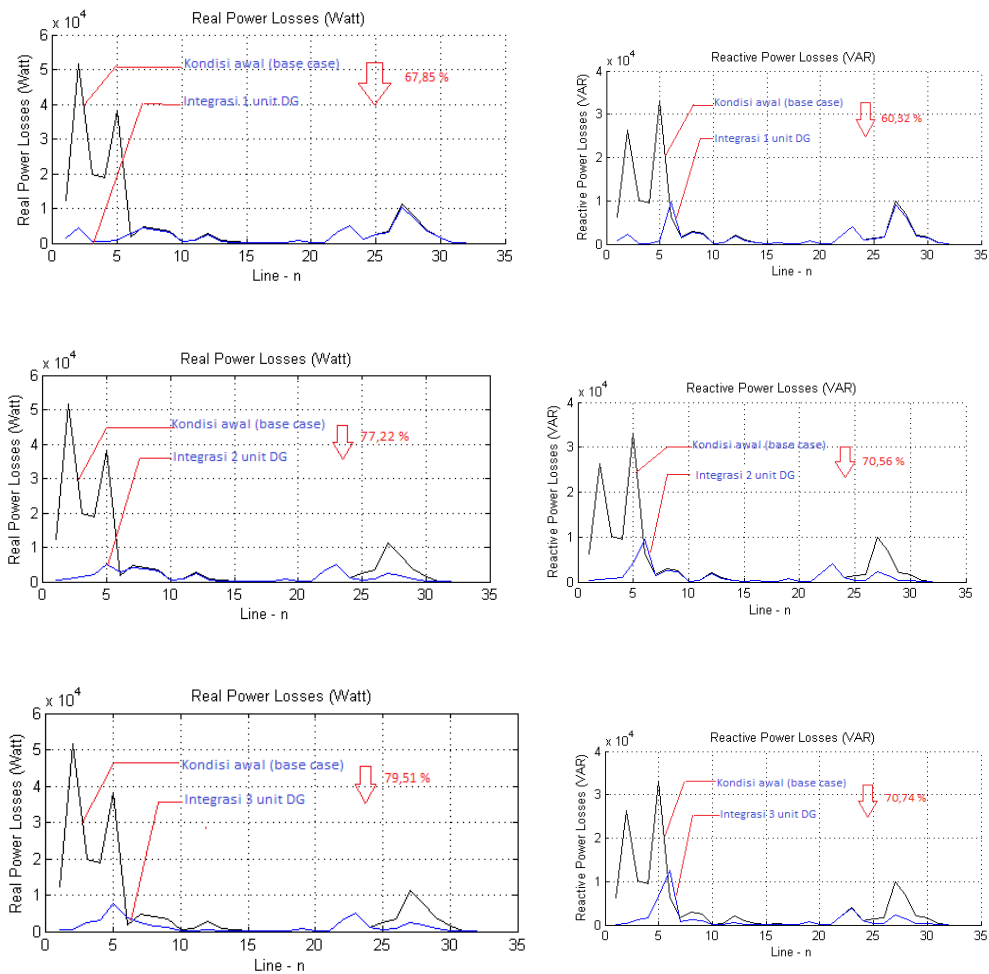
Integrasi DG (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
Base Case	202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1				
1	65165.98356	67.85094777	53630.2117	60.3158394	96.49785	100.1008	7	33	2791394.53	2469680	1300985	7
2	46172.84309	77.2210429	39789.0859	70.5577058	98.12858	101.2109	7	18	680468.616	602043.2	317145.9	31
3	41537.47042	79.50786234	39537.354	70.7439771	98.55618	101.6715	7	25	243217.465	215186.1	113356.3	18

Jika ditinjau profil tegangan jaringan, integrasi unit-unit DG ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan. Selain itu, besar ukuran unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan sangat bergantung jumlah unit-unit DG dan lokasi BUS unit-unit DG diinjeksikan.

Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dengan variasi jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan pada jaringan dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.30.

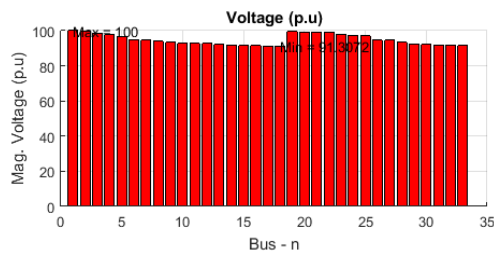
Pada saat awal, integrasi 1 (satu) unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS dapat menurunkan rugi-rugi daya saluran begitu pula integrasi 2(dua), 3 (tiga) unit DG pada sistem tersebut berubah secara cepat menjadi menurun rugi-rugi daya saluran. Di sisi lain, integrasi beberapa unit DG ke Sistem IEEE-33 BUS meningkatkan profil tegangan secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.31.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif tunggal menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diintegrasikan unit-unit DG (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.32). Daya reaktif integrasi unit-unit DG mempengaruhi daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit-unit DG selalu mengurangi rugi-rugi daya, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

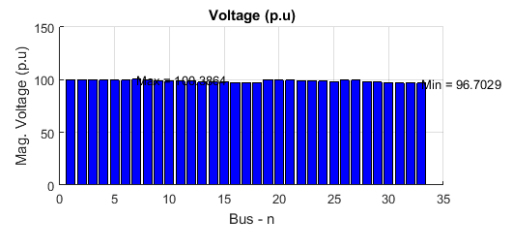


Gambar 5.30. Rugi-rugi daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

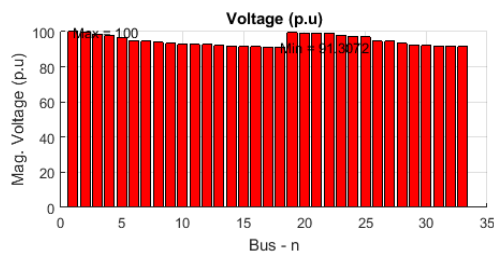
Selain itu, penempatan & penentuan unit-unit DG dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan integrasi beberapa unit DG. Topologi jaringan sebelum dintegrasikan unit-unit DG menunjukkan profil saluran dan profil BUS. Profil saluran dapat ditampilkan impedansi saluran, rugi-rugi daya saluran sedangkan profil BUS dapat ditampilkan tegangan dan arus setiap BUS. Penempatan & Penentuan unit-unit DG telah mempengaruhi performansi topologi jaringan dimana perubahan nilai-nilai aliran tegangan, aliran arus dan aliran daya disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan.



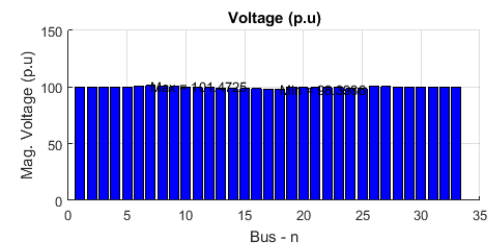
(a.) Kondisi Awal (Base case)



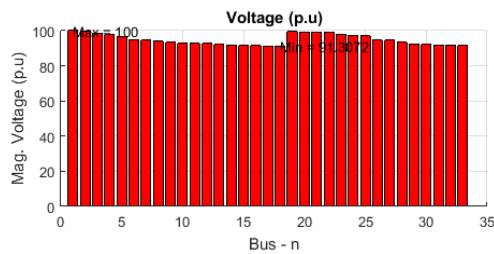
(b.) Integrasi 1 Unit DG



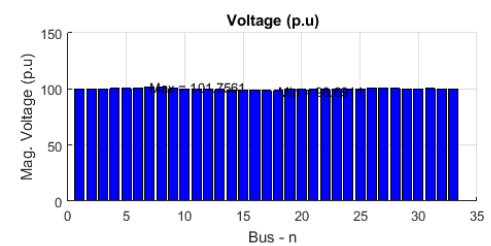
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2 Unit DG

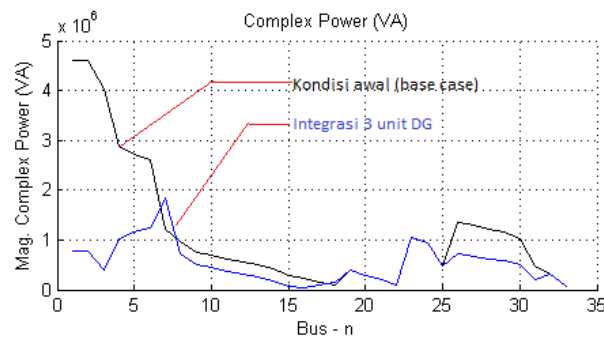
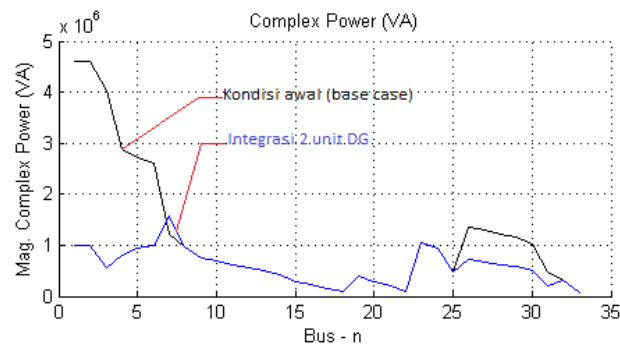
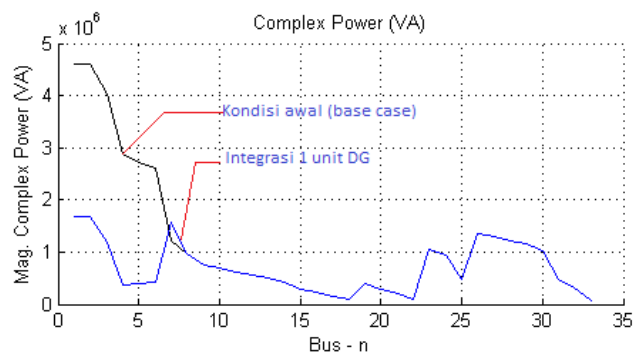


(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 3 Unit DG

Gambar 5.31. Profil Tegangan Setiap BUS - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.



Gambar 5.32. Aliran Daya - Advanced OPF-CP - Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

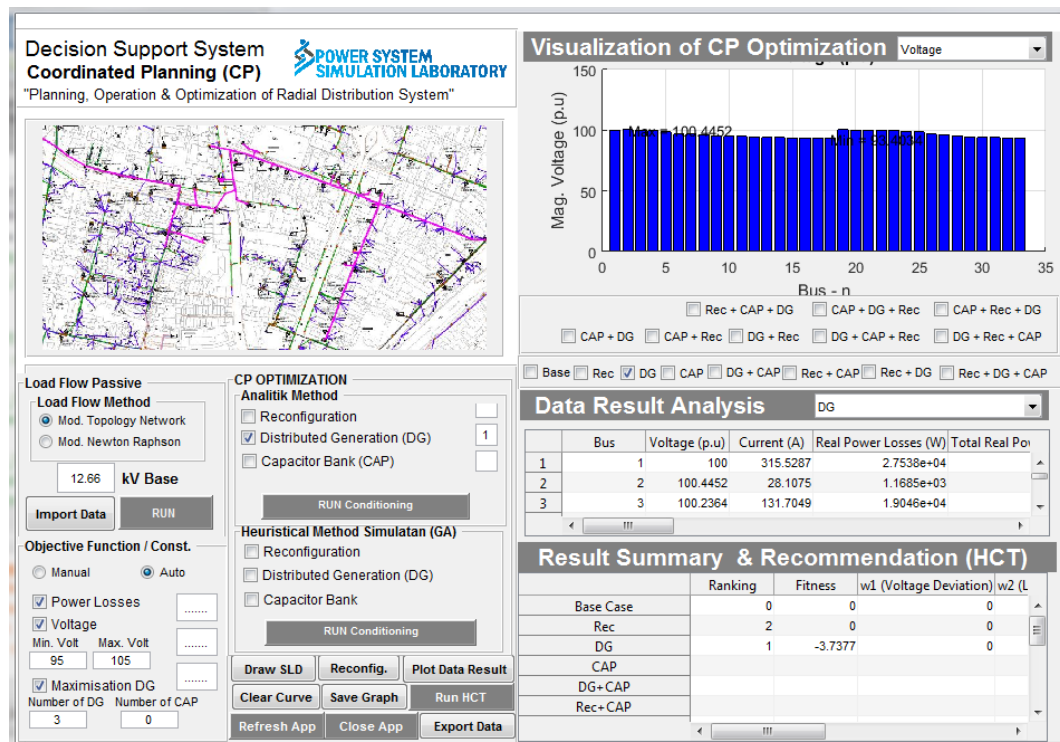
#### Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33BUS – Optimasi Multi Tujuan (*Multi Objective Optimization*)

Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan multi fungsi tujuan/obyektif dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan

Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif banyak ditunjukkan pada Gambar 5.33.

Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif lebih dari satu dan integrasi varian jumlah unit-unit DG ditunjukkan pada Lampiran 15.

Analisis hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.9. Integrasi beberapa unit – unit DG mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika satu unit DG diintegrasikan ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 68,73 % dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 63,37 %.



Gambar 5.33. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP - Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Bahkan ketika jumlah unit DG ditambah dan diintegrasikan ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami kenaikan sekitar 69,43 % - 72,40% dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami kenaikan sekitar 63,93 % - 66,69%. Ini berarti, integrasi unit-unit DG ke jaringan RDS dapat menurunkan rugi-rugi daya jaringan secara perlahan-lahan. Namun demikian, penambahan jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan harus mempertimbangkan segi tipe/jenis unit DG dan biaya investasi yang dibutuhkan untuk realisasi integrasi setiap unit DG.

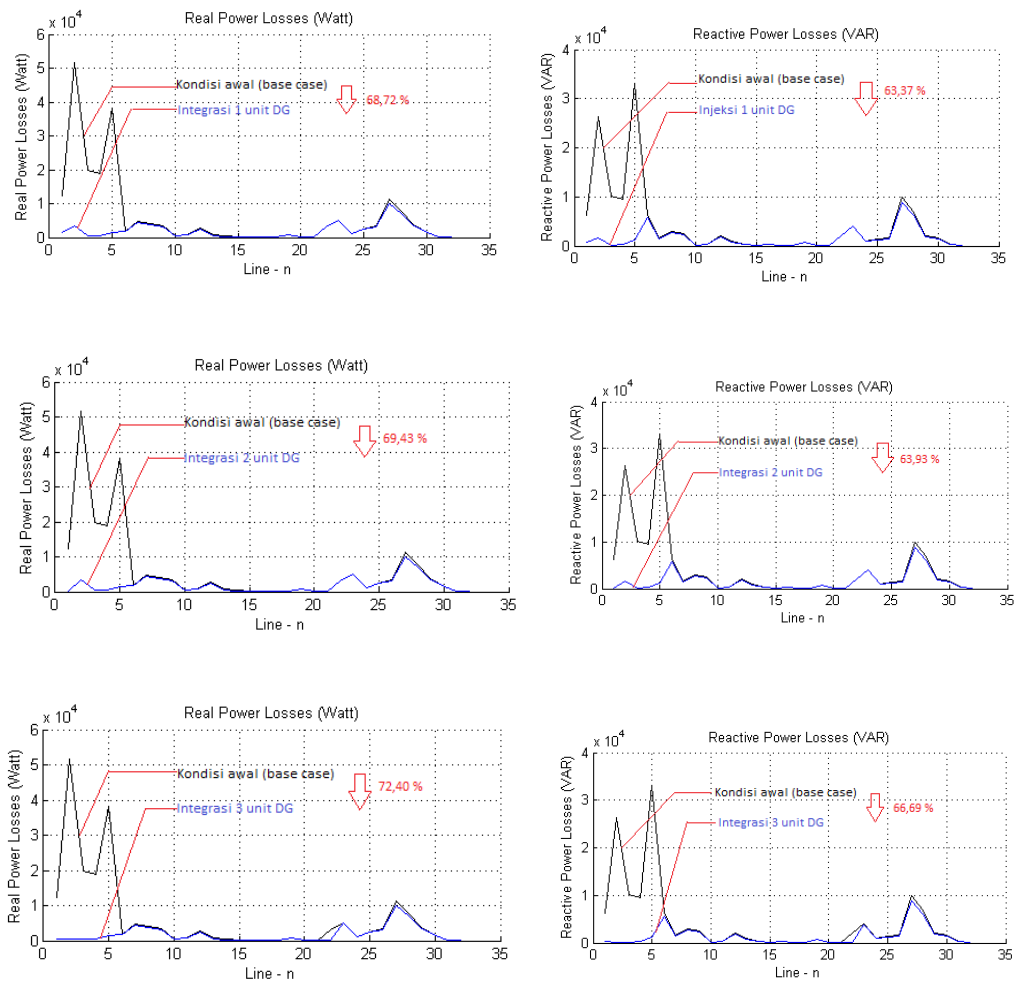
Tabel 5.9. Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dan Integrasi Varian Unit DG.

Integrasi DG (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
Base Case	202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1				
1	63385.68333	68.7292429	49504.2195	63.368905	96.41364	100	1	18	2939823.89	2601003	1370163	6
2	61972.59945	69.4263751	48750.0309	63.926973	96.51141	100	1	18	1455702.54	1287930	678459.1	2
3	55940.51206	72.4022512	45014.622	66.691023	96.89526	100.3454	6	18	897713.515	794250.2	418397.2	23

Jika ditinjau profil tegangan jaringan, integrasi unit-unit DG ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan. Selain itu, besar ukuran unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan sangat bergantung jumlah unit-unit DG dan lokasi BUS unit-unit DG diinjeksikan.

Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dengan variasi jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan pada jaringan dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.34. Pada saat awal, integrasi 1 (satu) unit DG pada Sistem IEEE-33 BUS dapat menurunkan rugi-rugi daya saluran (baik aktif maupun reaktif) begitu pula integrasi 2(dua), 3 (tiga) unit DG pada sistem tersebut berubah secara cepat menjadi menurun rugi-rugi daya saluran(baik aktif maupun reaktif). Di sisi lain, integrasi beberapa unit DG ke Sistem IEEE-33 BUS meningkatkan profil tegangan secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.35.



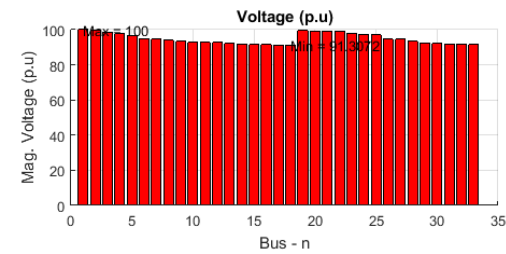


Gambar 5.34. Rugi-Rugi Daya Saluran - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

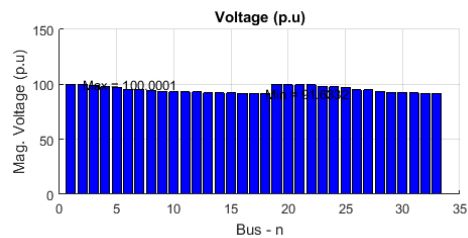
Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif banyak menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diintegrasikan unit-unit DG (seperti yang terlihat pada Gambar 5.36). Daya reaktif integrasi unit-unit DG mempengaruhi daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit-unit DG selalu mengurangi rugi-rugi daya, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

Selain itu, penempatan & penentuan unit-unit DG dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan integrasi beberapa unit DG. Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank telah mempengaruhi

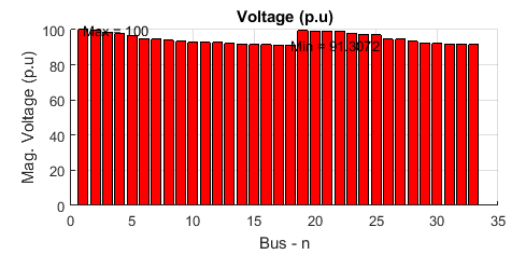
performansi topologi jaringan dimana perubahan nilai-nilai aliran tegangan, aliran arus dan aliran daya disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan.



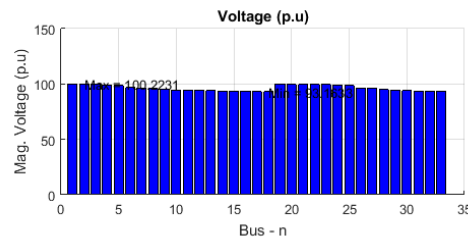
(b.) Kondisi Awal (Base case)



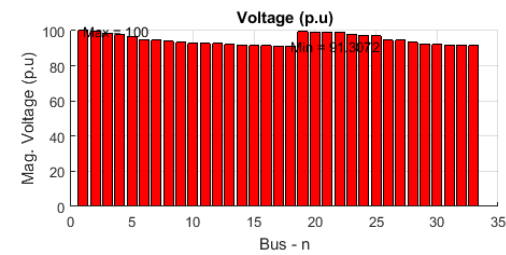
(b.) Integrasi 1 Unit DG



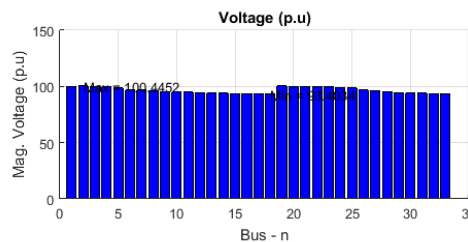
(b.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2 Unit DG

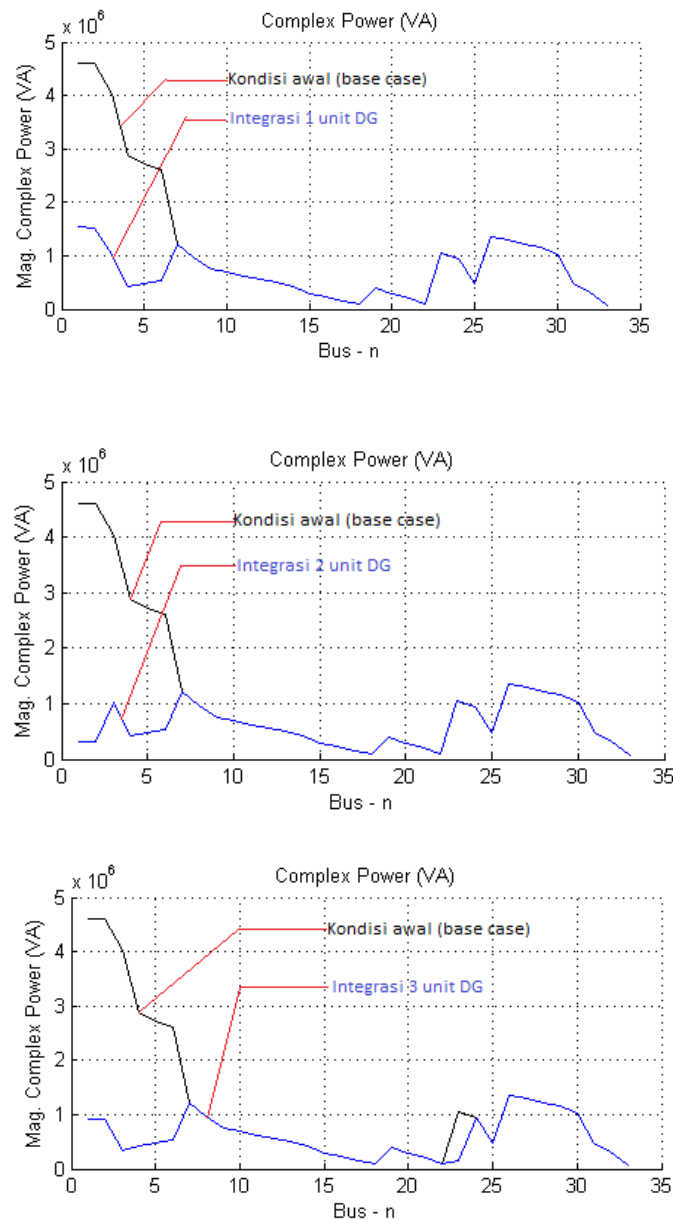


(b.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 3 Unit DG

Gambar 5.35. Profil Tegangan Setiap BUS - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.



Gambar 5.36. Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

### 5.3.2 Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS– Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan penyelesaian advanced OPF – CP penempatan & penentuan unit-unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS. Penyelesaian advanced OPF-CP tersebut dilakukan dengan optimasi tujuan tunggal (*single objective optimization*) dan optimasi tujuan banyak

(*multi objective optimization*). Selain itu, penyelesaian advanced OPF-CP tersebut juga dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah unit-unit DG yang diinjeksikan ke jaringan.

---

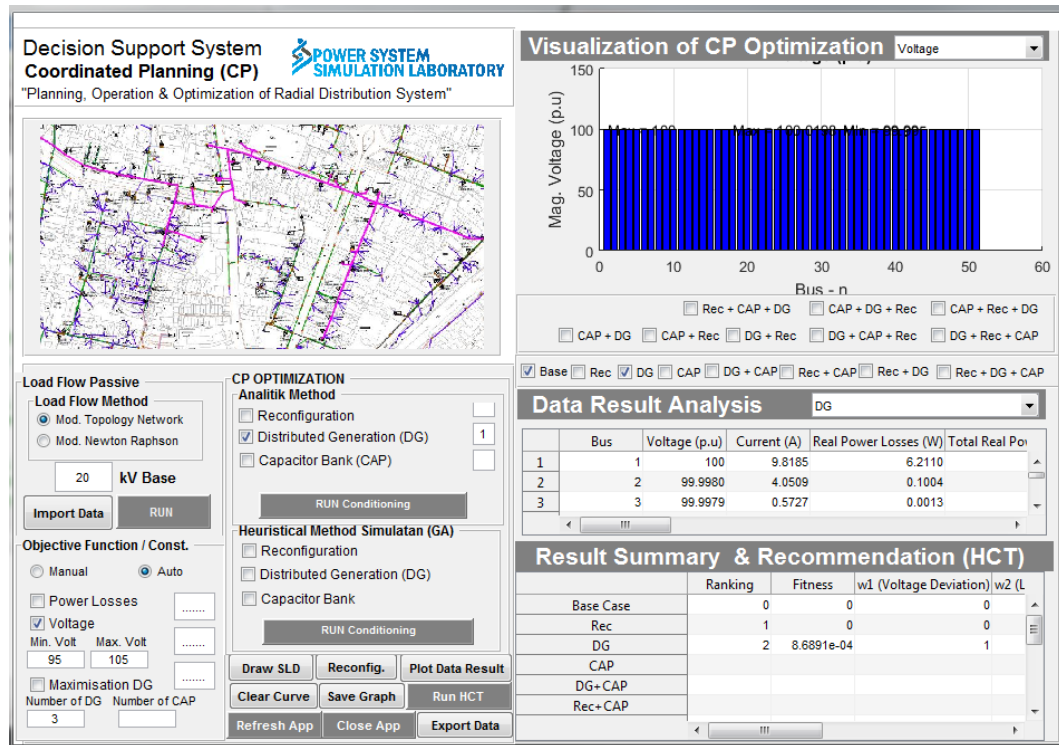
Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Optimasi Tujuan Tunggal

---

Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG pada Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal/ganda dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG pada Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal/ganda ditunjukkan pada Gambar 5.37.

Hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT yang lengkap pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal/ganda dan injeksi varian jumlah unit-unit DG ditunjukkan pada Lampiran 16.

Analisis hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.10. Integrasi beberapa unit – unit DG mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika satu unit DG diintegrasikan ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 93,496 % dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 93,497 %. Bahkan ketika jumlah unit DG ditambah dan diinjeksikan ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sekitar 94,366 % - 94,377 % dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sekitar 94,366 % - 94,377 %. Ini berarti, integrasi unit-unit DG ke jaringan RDS dapat menurunkan rugi-rugi daya jaringan secara perlahan-lahan.



Gambar 5.37. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS.

Namun demikian, penambahan jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan harus mempertimbangkan segi tipe/jenis unit DG dan biaya investasi yang dibutuhkan untuk realisasi integrasi setiap unit DG.

Tabel 5.10. Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Ganda dan Integrasi Varian Unit DG.

Integrasi DG (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
Base Case	25413.67608		12707.3762		99.68501	100	33	1				
1	1652.884853	93.49608121	826.419867	93.4965342	99.9701	100.0001	18	33	9266148.82	7876226	4881247	18
2	1429.068018	94.37677566	714.508533	94.3772143	99.9881	100.0181	18	33	1380761.25	1173647	727361.1	7
3	1431.796935	94.36603768	715.872265	94.3664825	99.99003	100.0198	18	33	53494.1812	45470.05	28179.81	22

Jika ditinjau profil tegangan jaringan, integrasi unit-unit DG ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan.

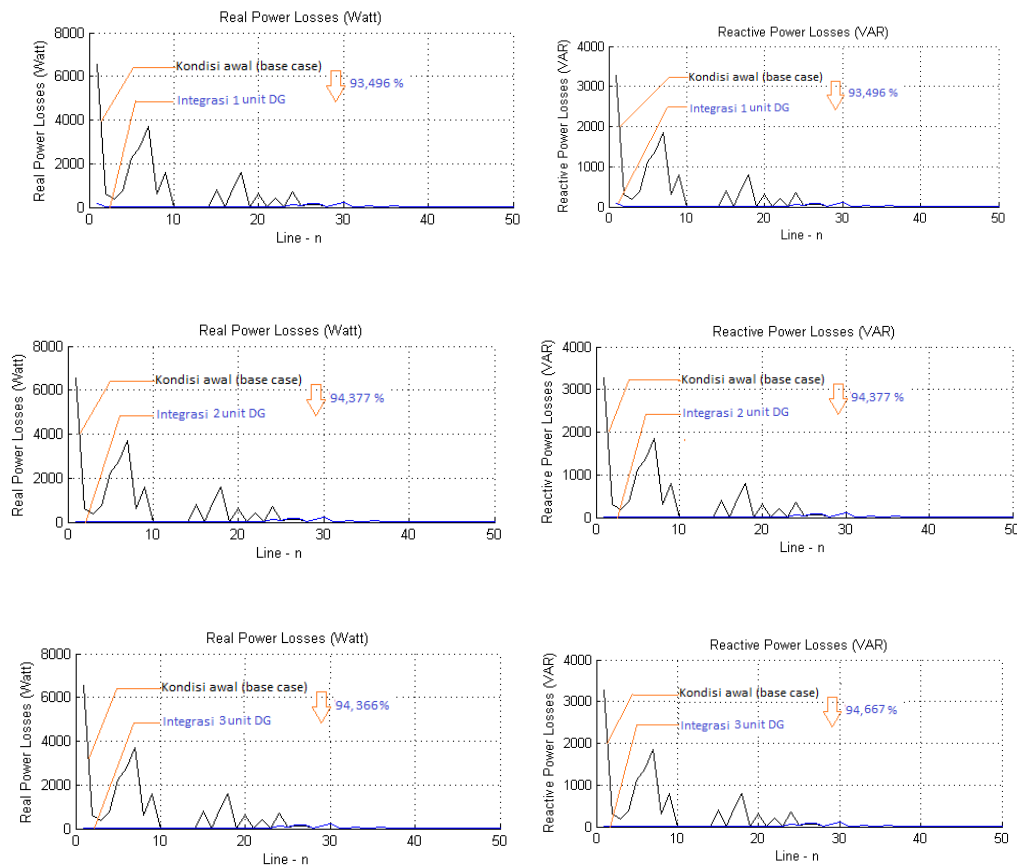
Selain itu, besar ukuran unit-unit DG yang dintegrasikan ke jaringan sangat bergantung jumlah unit-unit DG dan lokasi BUS unit-unit DG diinjeksikan.

Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dengan variasi jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan pada jaringan dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.38.

Pada saat awal, integrasi 1 (satu) unit DG pada Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS dapat menurunkan rugi-rugi daya saluran begitu pula integrasi 2(dua), 3 (tiga) unit DG pada sistem tersebut berubah secara cepat menjadi menurun rugi-rugi daya saluran. Di sisi lain, integrasi beberapa unit DG ke Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS meningkatkan profil tegangan secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.39.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS pada fungsi obyektif tunggal/ganda menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diintegrasikan unit-unit DG (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.40). Daya reaktif integrasi unit-unit DG mempengaruhi daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit-unit DG selalu mengurangi rugi-rugi daya, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

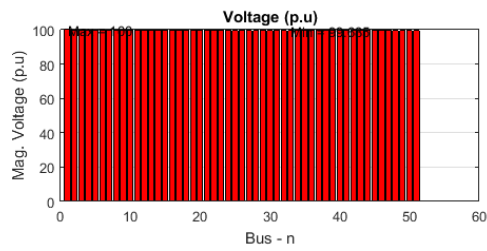
Selain itu, penempatan & penentuan unit-unit DG dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan integrasi beberapa unit DG. Topologi jaringan sebelum dan sesudah dintegrasikan unit-unit DG menunjukkan profil impedansi pada saluran dan profil tegangan pada BUS. Profil saluran dapat ditampilkan impedansi saluran, rugi-rugi daya saluran sedangkan profil BUS dapat ditampilkan tegangan dan arus setiap BUS. Penempatan & Penentuan unit-unit DG telah mempengaruhi performansi topologi jaringan dimana perubahan nilai-nilai aliran tegangan, aliran arus dan aliran daya disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan.



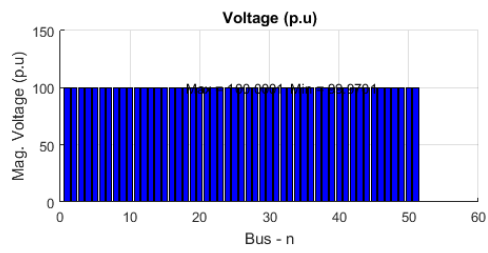
Gambar 5.38. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Multi.

#### Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Optimasi Multi Tujuan (*Multi Objective*)

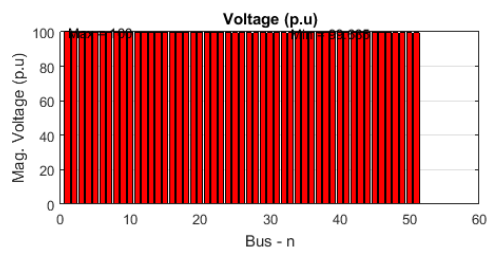
Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG pada DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan multi fungsi tujuan/obyektif dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG pada DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif banyak ditunjukkan pada Gambar 5.41.



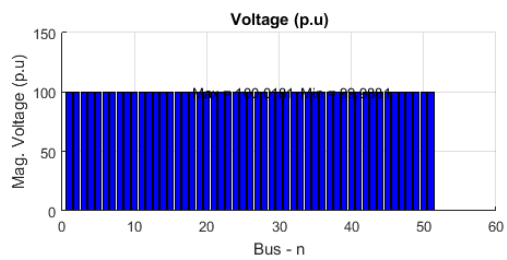
(a.) Kondisi Awal (Base case)



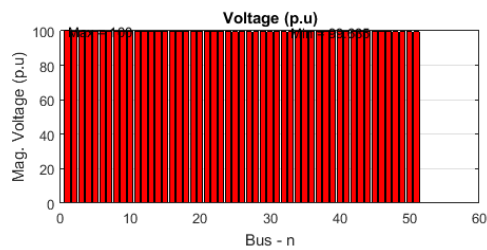
(b.) Integrasi 1 Unit DG



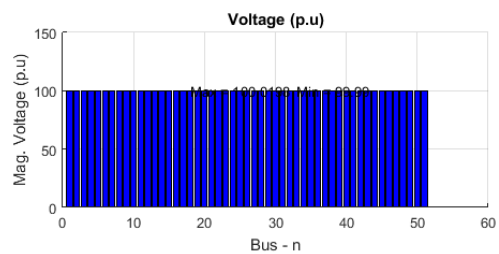
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2 Unit DG



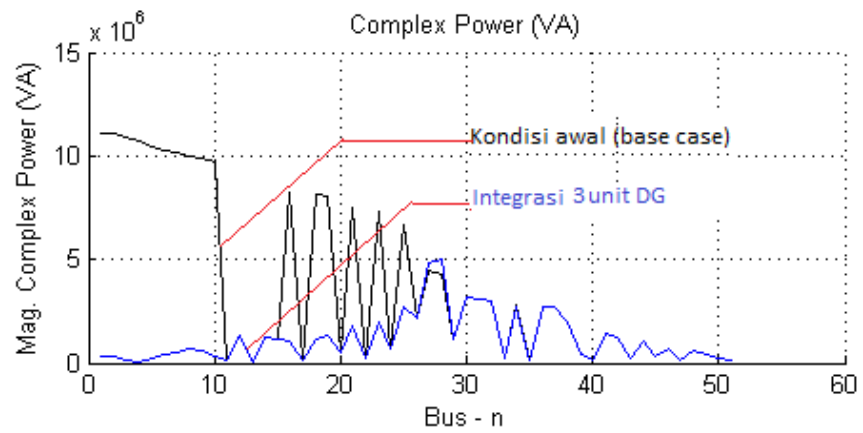
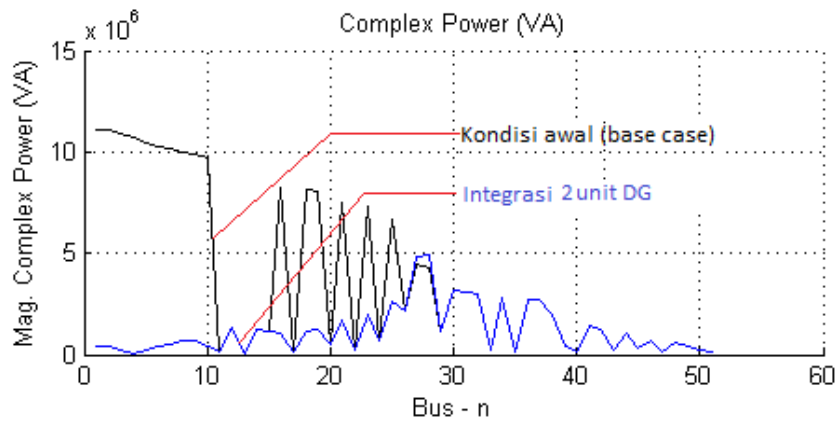
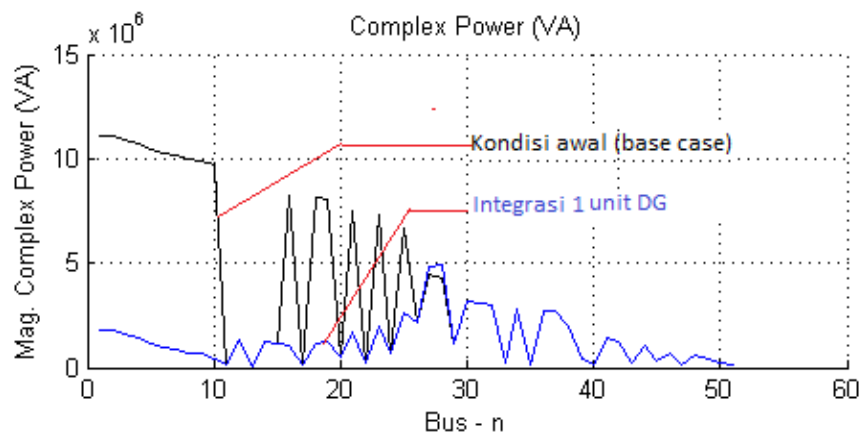
(a.) Kondisi Awal (Base case)



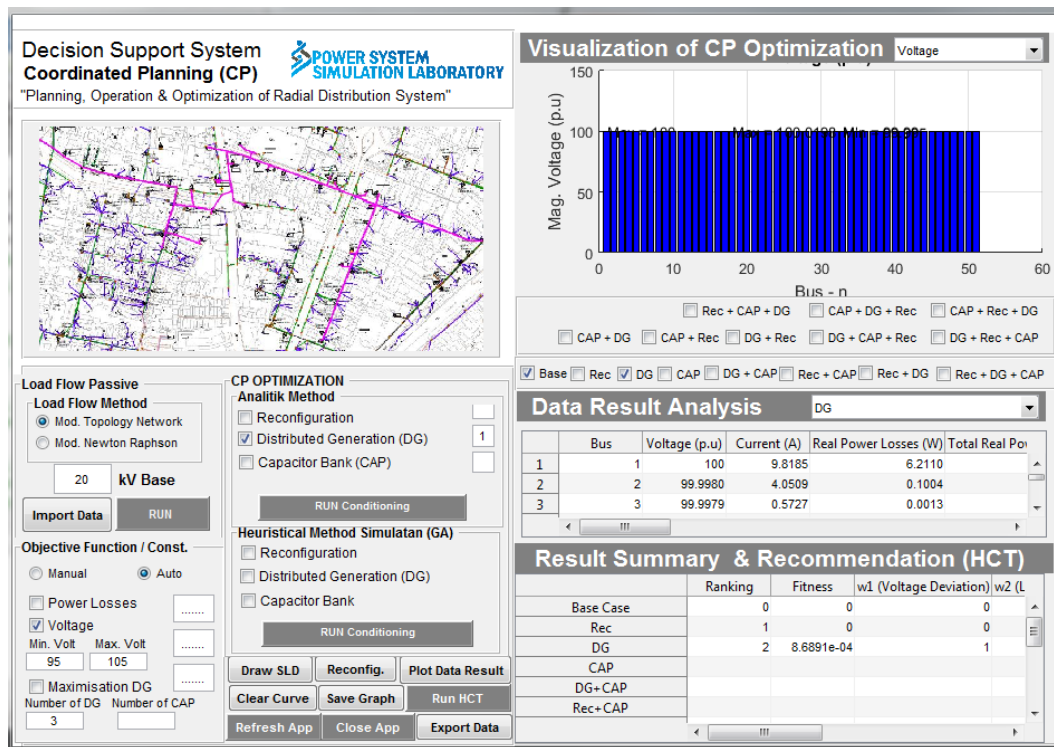
(b.) Integrasi 3 Unit DG

Gambar 5.39. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Multi.





Gambar 5.40. Aliran Daya - Advanced OPF-CP - Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal/Multi.



Gambar 5.41. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS.

Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Jaringan RDS – DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif lebih dari satu dan integrasi varian jumlah unit-unit DG ditunjukkan pada Lampiran 17.

Analisis hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.11. Integrasi beberapa unit – unit DG mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Kondisi fungsi obyektif tunggal dan ganda, ketika 1 (satu) sampai dengan 3 (tiga) unit DG diintegrasikan ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif maupun nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sekitar 25,975 % - 93,496 % . Pada kondisi fungsi obyektif tunggal dan ganda diterapkan, ketika jumlah unit DG ditambah dan diintegrasikan

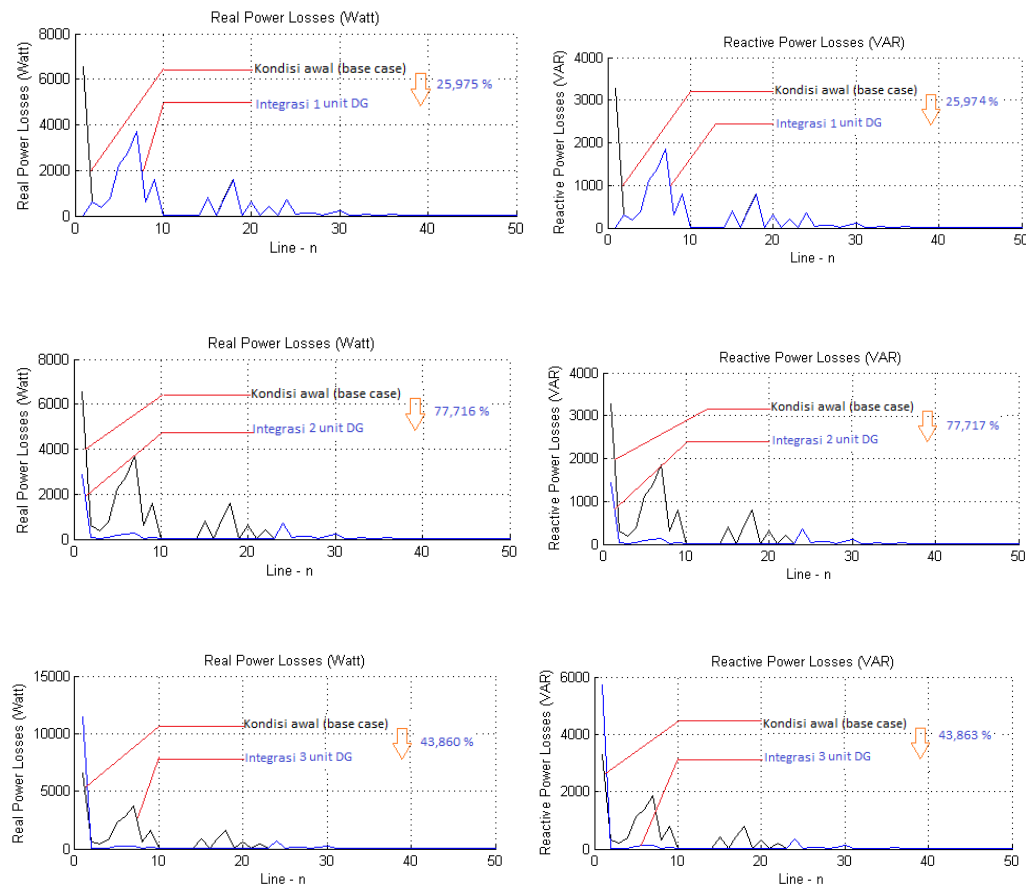
ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan yang lebih berarti. Tetapi ketika 3 (tiga) fungsi obyektif diaplikasikan, nilai rugi-rugi daya aktif dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami perubahan secara turun naik. Kondisi 3 (tiga) fungsi obyektif dan jumlah unit DG yang berbeda mempengaruhi total rugi-rugi daya saluran jaringan. Ini berarti, integrasi unit-unit DG ke jaringan RDS dapat menurunkan rugi-rugi daya jaringan secara perlahan-lahan. Selain itu, integrasi unit-unit DG ke jaringan RDS dapat meningkatkan profil tegangan secara perlahan-lahan. Namun demikian, penambahan jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan harus mempertimbangkan segi tipe/jenis unit DG dan biaya investasi yang dibutuhkan untuk realisasi integrasi setiap unit DG.

Tabel 5.11. Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dan Integrasi Varian Unit DG.

Advanced OPF (Fungsi Obyektif)	Integrasi DG (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
Base Case	0	25413.67608		12707.3762		99.68501	100	33	1				
1	1	1652.884853	93.49608121	826.419867	93.4965342	99.9701	100.0001	18	33	9266148.82	7876226	5E+06	18
	2	1429.068018	94.37677566	714.508533	94.3772143	99.9881	100.0181	18	33	1380761.25	1173647	727361	7
	3	1431.796935	94.36603768	715.872265	94.3664825	99.99003	100.0198	18	33	53494.1812	45470.05	28180	22
2	1	1652.884853	93.49608121	826.419867	93.4965342	99.9701	100.0001	18	33	9266148.82	7876226	4881247	18
	2	1429.068018	94.37677566	714.508533	94.3772143	99.9881	100.0181	18	33	1380761.25	1173647	727361	7
	3	1431.796935	94.36603768	715.872265	94.3664825	99.99003	100.0198	18	33	53494.1812	45470.05	28179.8	22
3	1	18812.53734	25.97474964	9406.80609	25.9736553	99.75134	100	1	33	11059884.5	9400902	5826156	2
	2	5663.207537	77.71590573	2831.56145	77.7171824	99.95199	100.0437	2	33	7299354.02	6204451	3845173	15
	3	14267.17234	43.86025739	7133.54389	43.8629675	99.99571	100.0874	2	33	7317219.84	6219637	3854585	2

Jika ditinjau profil tegangan jaringan, integrasi unit-unit DG ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan. Selain itu, besar ukuran unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan sangat bergantung jumlah unit-unit DG dan lokasi BUS unit-unit DG diinjeksikan.

Performansi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dengan variasi jumlah unit-unit DG yang diintegrasikan pada jaringan dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.42.



Gambar 5.42. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG - Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

Pada saat awal, integrasi 1 (satu) unit DG pada DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS dapat menurunkan rugi-rugi daya saluran (baik aktif maupun reaktif) sebesar 25,97%, kemudian integrasi 2(dua) unit DG sebesar 77,72% dan selanjutnya integrasi 3 (tiga) unit DG sebesar 43,86 %. Penambahan integrasi jumlah unit DG belum tentu selamanya dapat menurunkan total rugi-rugi daya saluran . Di sisi lain, integrasi beberapa unit DG ke sistem IEEE 33 BUS meningkatkan profil tegangan secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.43.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS pada fungsi obyektif banyak menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diintegrasikan unit-unit DG (seperti yang terlihat Gambar 5.44). Daya reaktif integrasi unit-unit DG mempengaruhi daya reaktif dari sumber.

Sehingga dampak penempatan & penentuan unit-unit DG selalu mengurangi rugi-rugi daya, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

Selain itu, penempatan & penentuan unit-unit DG dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan integrasi beberapa unit DG. Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank telah mempengaruhi performansi topologi jaringan dimana perubahan nilai-nilai aliran tegangan, aliran arus dan aliran daya disesuaikan optimasi yang telah ditetapkan.

### **5.3.3 Review Analisis Advanced OPF-CP-Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS**

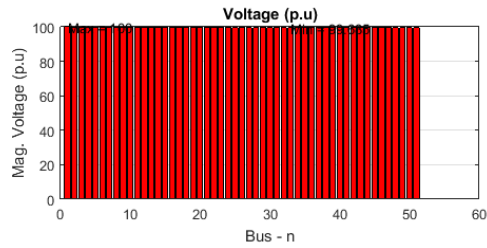
Hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan pemodelan dan simulasi aliran daya pada jaringan RDS aktif ( baik jaringan standar – Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS. Pada sisi perencanaan, Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat menunjukkan performansi aliran daya jaringan standar – Sistem IEEE-33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) jika kedua sistem tersebut diinjeksi beberapa unit DG. Selama beberapa kondisi dipenuhi, Simulator DSS-CP berbasis HCT masih dapat melakukan pemodelan dan simulasi sesuai dengan kebutuhan sistem distribusi. Tapi pada sisi operasi, hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT perlu dipertimbangkan berdasarkan kondisi di lapangan sesungguhnya.

Operasi sistem IEEE 33 BUS merupakan jaringan standar dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang ditetapkan. Tapi operasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan jaringan riil dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang mempertimbangkan kondisi lapangan. Beberapa hal yang harus diperhatikan jaringan RDS aktif direncanakan dan dioperasikan, adalah

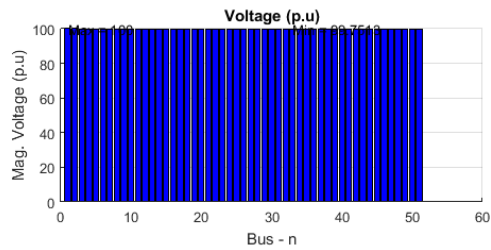
- **Integrasi Beberapa Unit DG Pada Jaringan RDS**

Integrasi beberapa unit DG ke jaringan RDS dapat meningkatkan performansi profil tegangan dan menurunkan rugi-rugi daya total saluran sistem distribusi tapi semakin banyaknya integrasi beberapa unit DG harus

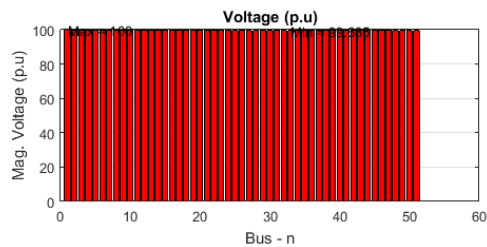
mempertimbangkan faktor daya yang mempengaruhi beban-beban yang membutuhkan daya aktif maupun reaktif.



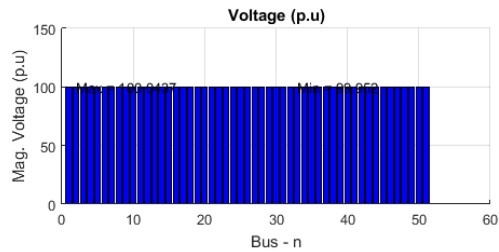
(a.) Kondisi Awal (Base case)



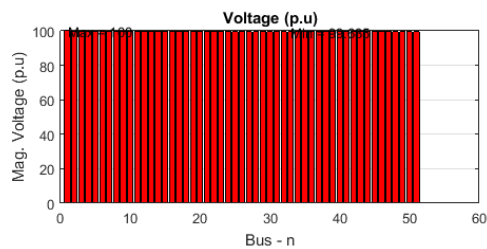
(b.) Integrasi 1 Unit DG



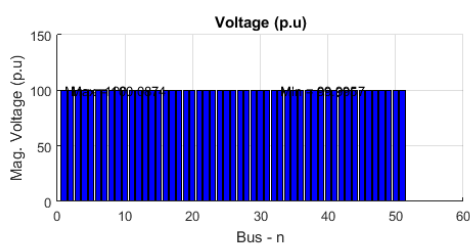
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2 Unit DG

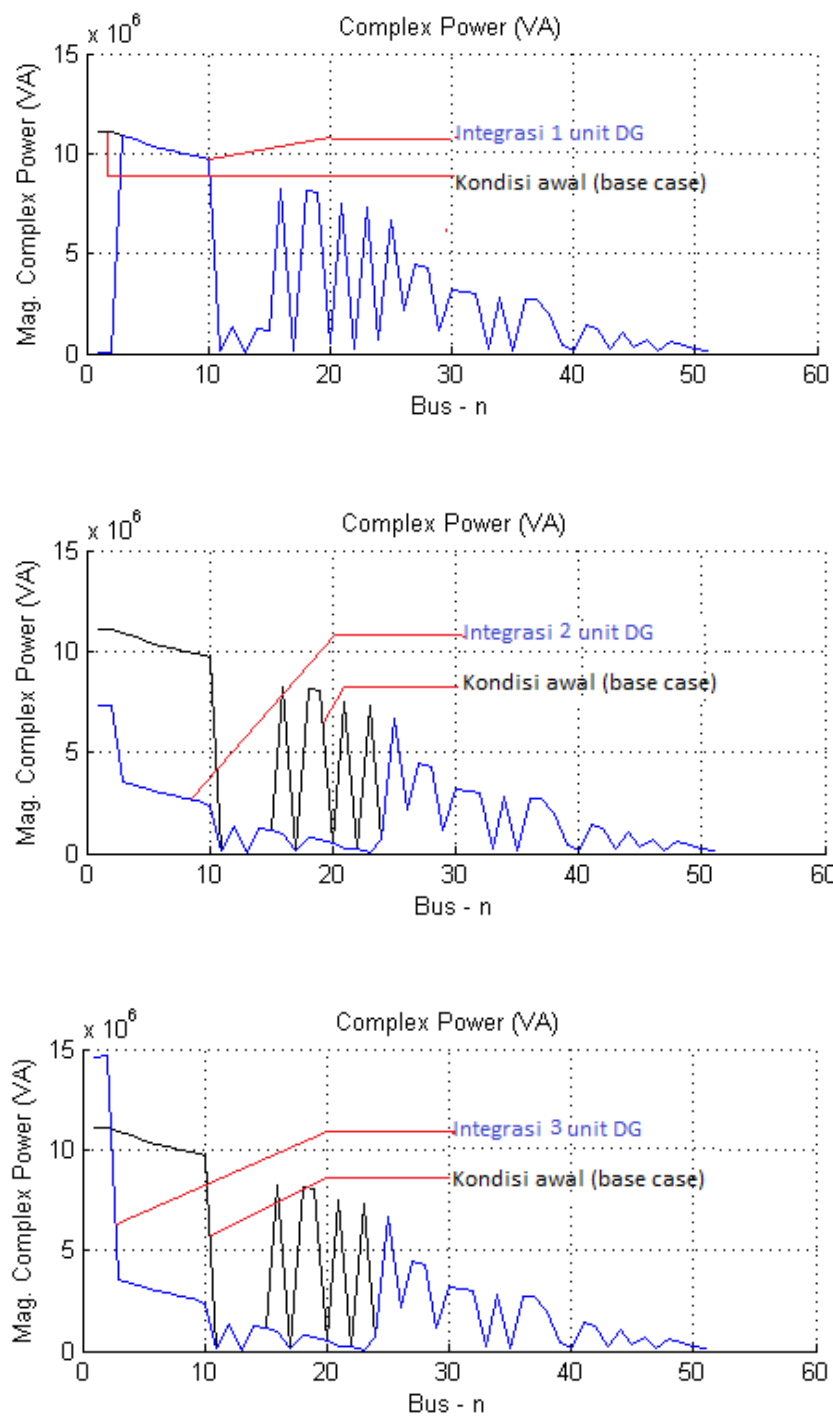


(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 3 Unit DG

Gambar 5.43. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit DG DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.



Gambar 5.44. Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak.

Fenomena yang menarik, semakin banyaknya integrasi beberapa unit DG belum tentu selamanya rugi-rugi daya saluran total akan menurun juga. Hal ini disebabkan ukuran beberapa unit DG yang diintegrasikan ke jaringan RDS akan mempengaruhi profil rugi-rugi daya yang melalui saluran antar bus. Dimana rugi-rugi daya saluran sebanding dengan  $I^2R$  dan  $I$  berbanding lurus dengan  $S$  yang mempertimbangkan arus saluran ( $I$ ), resistansi ( $R$ ) serta aliran daya yang melalui saluran ( $S$ ).

- **Skalabilitas Perencanaan dan Operasi pada Jaringan RDS**

Skalabilitas merupakan jangkauan dan rentang perencanaan dan operasi jaringan RDS masih menunjukkan hasil performansi yang terbaik sesuai kebutuhan dan target yang dicapai. Oleh sebab itu, sisi optimasi, Simulator DSS-CP berbasis HCT harus dapat memberikan penyelesaian awal untuk integrasi beberapa unit DG yang optimal dari sisi teknis. Sisi teknis tersebut adalah penempatan/alokasi dan penentuan/penetapan ukuran yang optimal unit DG yang diintegrasikan ke jaringan RDS.

## **5.4 Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS**

Berdasarkan kajian referensi Bab 2 sebelumnya, rekonfigurasi jaringan dan penetapan ukuran kapasitor bank telah banyak digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya dan untuk mempertahankan profil tegangan dalam jaringan RDS yang diperbolehkan. Instalasi kapasitor bank bisa menjadi strategi menarik untuk mengurangi aliran daya reaktif melalui jaringan RDS, sehingga mengurangi drop tegangan dan rugi-rugi daya aktif. Beberapa keuntungan lainnya dapat diperoleh dengan alokasi kapasitor bank yang sesuai, seperti kapasitas pengumpan/penyulang yang dilepaskan, kapasitas gardu induk distribusi yang dilepas, dan keuntungan finansial akibat perbaikan tegangan dan pengurangan rugi-rugi daya. Strategi lain yang bisa digunakan adalah rekonfigurasi jaringan. Rekonfigurasi jaringan terdiri dari memodifikasi topologi jaringan dengan mengubah *status switch saklar sectionalizing (normally closed)* dan *saklar tie line (normally open)*. Biasanya,



rekonfigurasi jaringan digunakan untuk isolasi kesalahan dan load balancing antar pengumpan/penyulang.

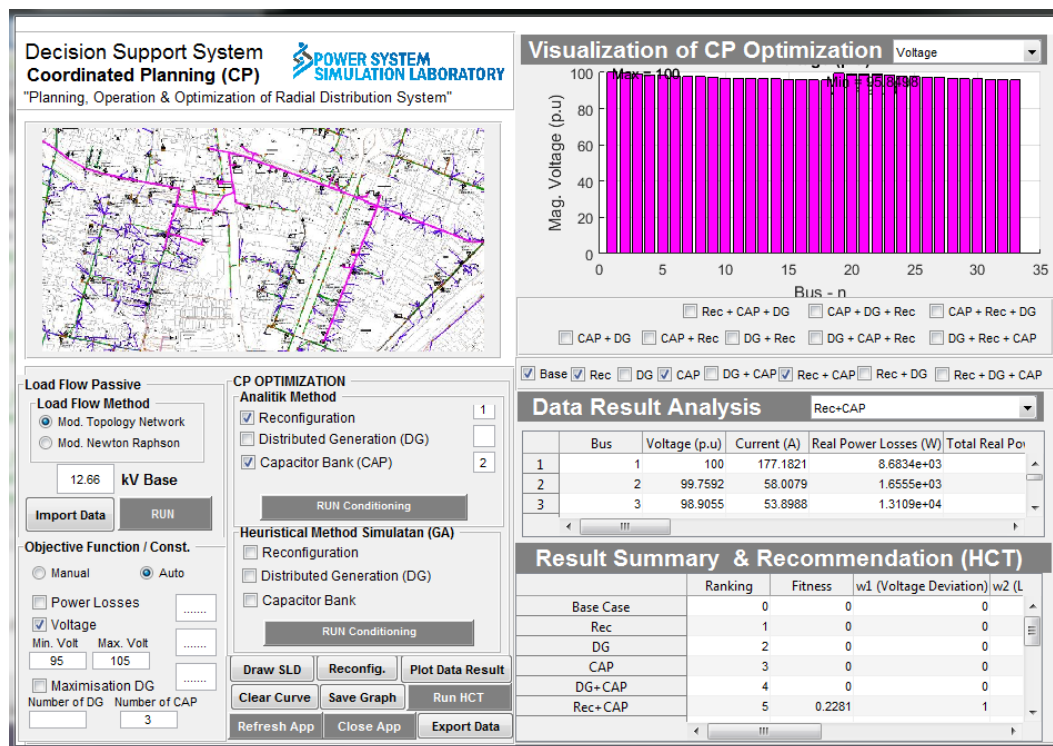
Analisis advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada jaringan RDS dilakukan pada jaringan standar - sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS. Kedua jaringan RDS tersebut memiliki jumlah BUS yang berbeda dan orientasi optimasi yang berbeda pula. Sistem IEEE-33 BUS merupakan tes sistem standar untuk simulasi skala model dan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan tes sistem riil untuk simulasi skala lapangan.

#### **5.4.1 Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Sistem IEEE – 33 BUS**

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan penyelesaian advanced OPF – CP Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada sistem IEEE 33 BUS. Penyelesaian advanced OPF-CP tersebut dilakukan dengan optimasi tujuan tunggal (*single objective optimization*) dan optimasi tujuan banyak (*multi objective optimization*). Selain itu, penyelesaian advanced OPF-CP tersebut juga dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah unit-unit kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan.

##### **Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33BUS – Optimasi Tujuan Tunggal**

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. SIMULATOR DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE 33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal ditunjukkan pada Gambar 5.45.



Gambar 5.45. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP - Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS melakukan simulasi dalam empat tahap, meliputi 1) Kondisi awal (base case); 2) Rekonfigurasi jaringan; 3) Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan; dan 4) Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank secara bersamaan. Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dan injeksi varian jumlah kapasitor bank ditunjukkan pada Lampiran 18.

Analisis hasil simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.12. Injeksi beberapa unit kapasitor bank mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika

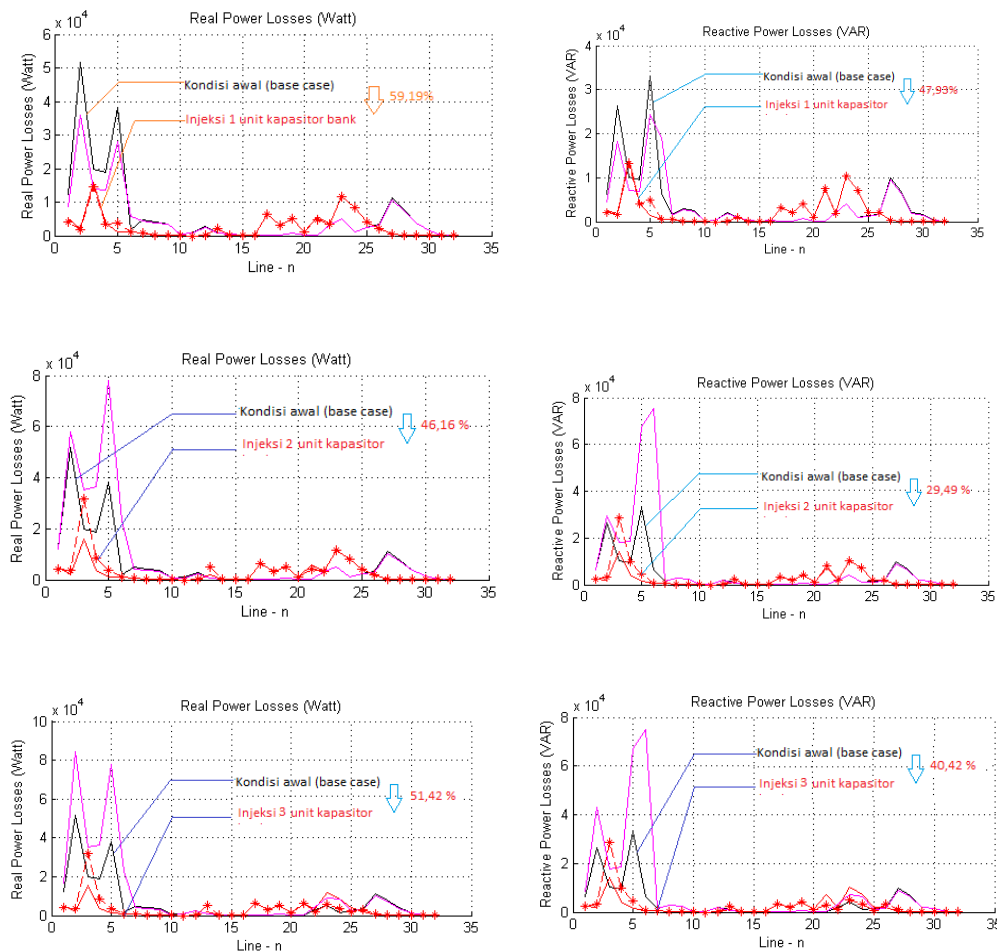
beberapa kapasitor bank diinjeksi ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 46,16 % sampai dengan 59,19 % dan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 29,49% sampai dengan 47,93%. Penambahan jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan RDS telah menurunkan rugi-rugi daya saluran dibandingkan dengan rugi-rugi daya saluran yang dilakukan tanpa melalui rekonfigurasi jaringan.

Tabel 5.12. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.

Injeksi Kapasitor Bank (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case	202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1		
1	82725.40698	59.18816406	70364.2525	47.9333345	96.45466	100	16	18	1018594.666	22
2	109144.3816	46.15460042	95293.8705	29.4864381	96.45466	100.4102	22	18	987154.0706	8
3	98467.19574	51.42209408	80514.6907	40.4224259	98.03186	100.4102	22	25	756655.3757	32

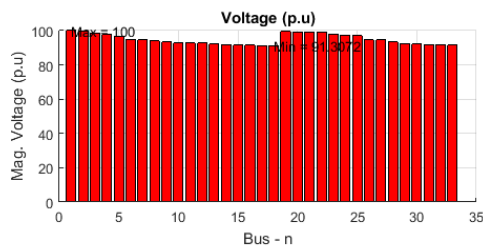
Jika ditinjau profil tegangan jaringan, rekonfigurasi jaringan dan penempatan & penentuan kapasitor bank ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan. Selain itu, injeksi jumlah kapasitor bank ke jaringan RDS mempengaruhi kapasitas ukuran kapasitor bank dimana untuk satu kapasitor bank memiliki ukuran yang berbeda dengan lebih dari satu kapasitor bank.

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dengan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksi dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.46. Pada saat awal, injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada sistem IEEE 33 BUS dapat menurunkan rugi-rugi daya saluran baik akti maupun reaktif.

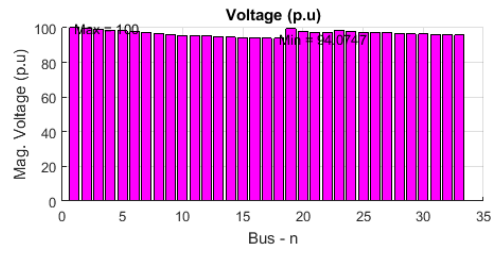


Gambar 5.46. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

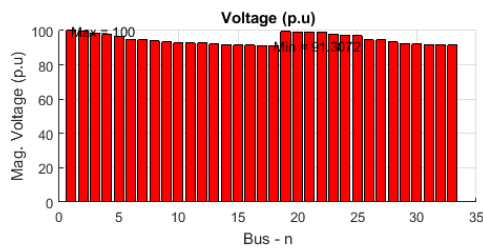
Di sisi lain, injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.47. Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif tunggal menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diinjeksi kapasitor bank. Hal ini yang ditunjukkan pada Gambar 5.48. Daya reaktif injeksi kapasitor bank mempengaruhi daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.



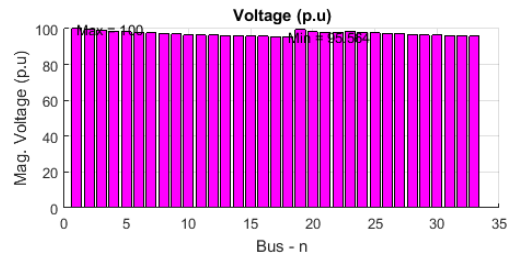
(a.) Kondisi Awal (Base case)



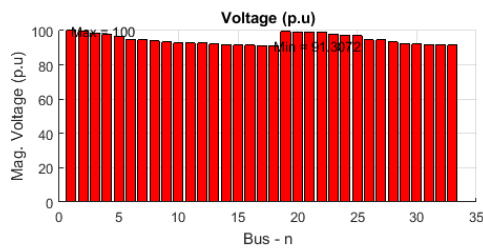
(b.) Injeksi 1 Kapasitor Bank



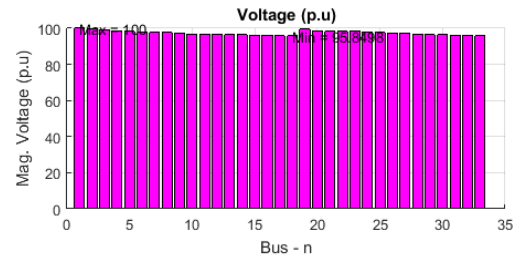
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Injeksi 2 Kapasitor Bank

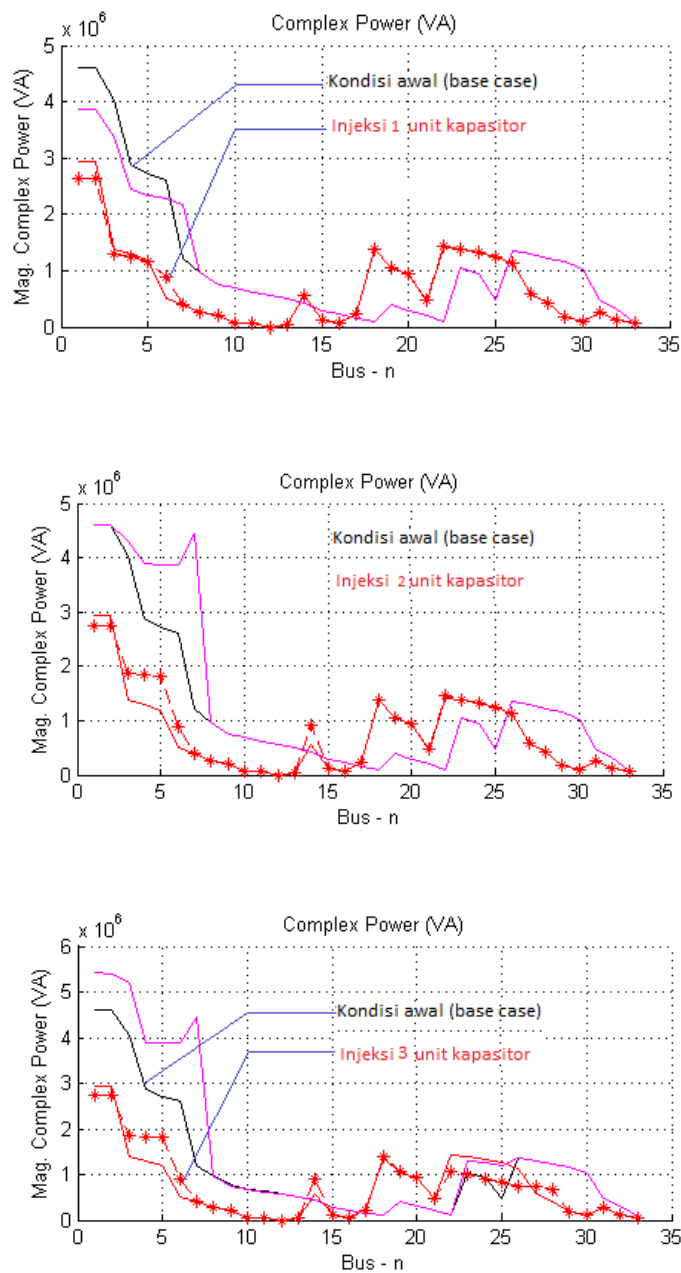


(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.47. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.



Gambar 5.48. Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

Selain itu, penempatan & penentuan kapasitor bank dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan dan injeksi beberapa kapasitor bank. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.49 sampai dengan Gambar 5.51. Perubahan

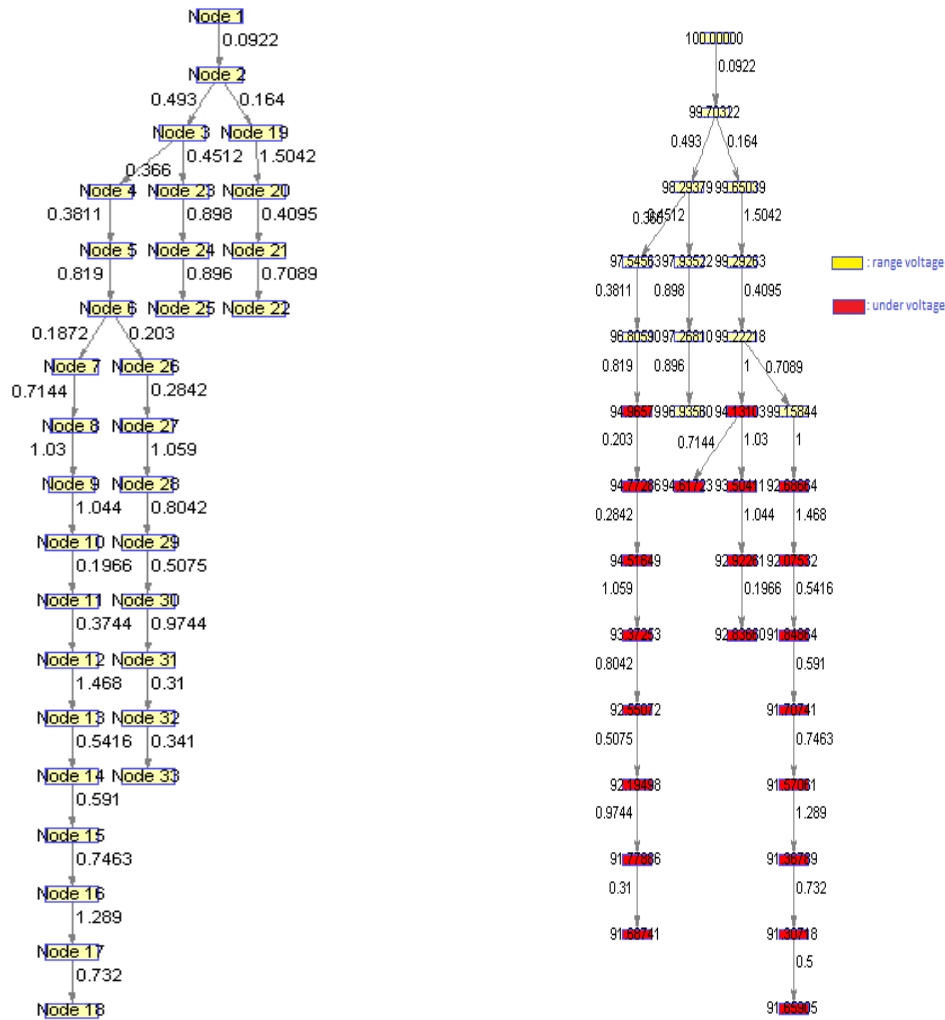
profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif tunggal memberikan perubahan yang berarti pada perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33BUS – Optimasi Tujuan Ganda/Banyak
--

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif ganda/banyak dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Sistem IEEE 33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif ganda/banyak ditunjukkan pada Gambar 5.52.

Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS melakukan simulasi dalam empat tahap, meliputi 1) Kondisi awal (base case); 2) Rekonfigurasi jaringan; 3) Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan; dan 4) Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank secara bersamaan. Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif ganda/banyak dan injeksi varian jumlah kapasitor bank ditunjukkan pada Lampiran 19.

Analisis hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS menunjukkan beberapa peningkatan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya dari kondisi yang sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.13 .



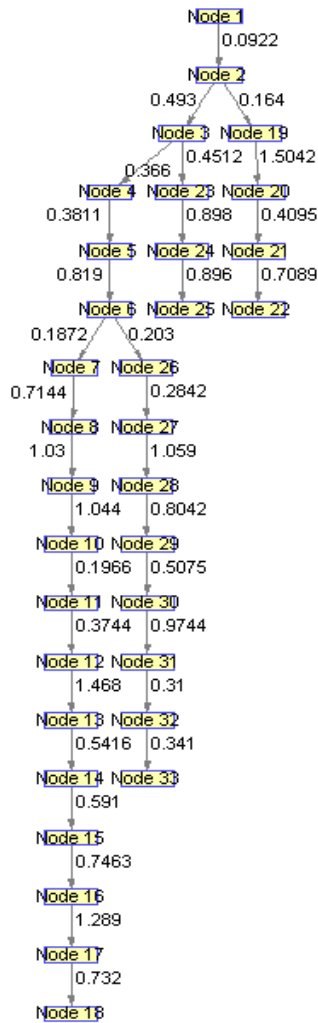
(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

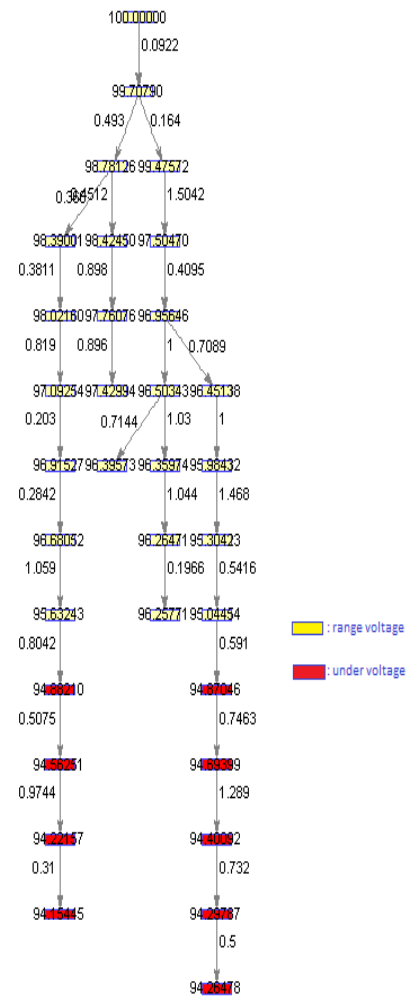
Gambar 5.49. Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-I dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

Injeksi beberapa unit kapasitor bank dengan fungsi obyektif ganda/banyak mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika beberapa kapasitor bank diinjeksi ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 53,33 % sampai dengan 65,98 % . Sedangkan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 44,29% sampai dengan 62,75 %.





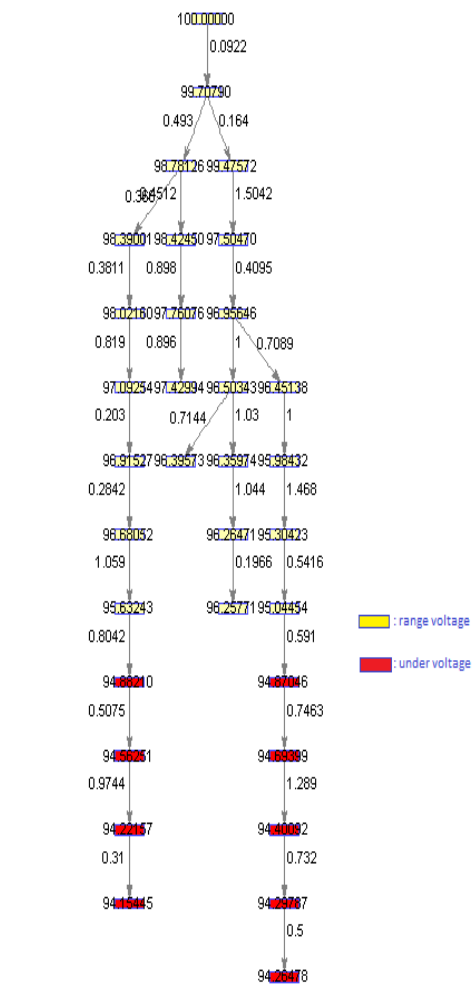
(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)



(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

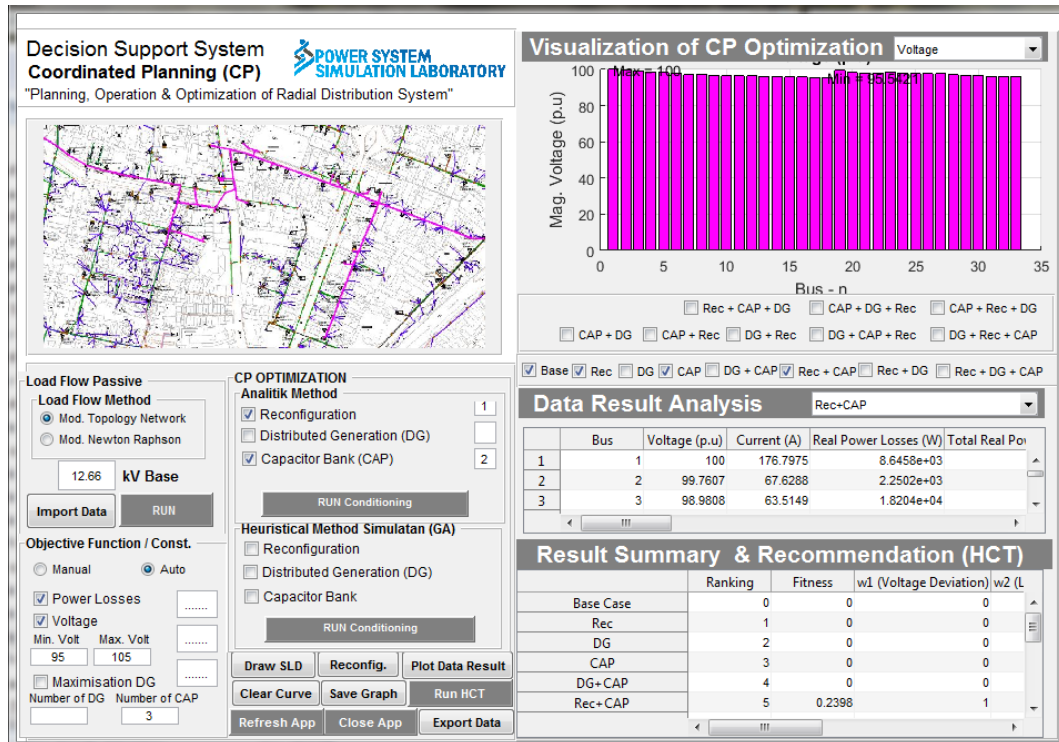
Gambar 5.50. Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-II dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

Penambahan jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan RDS telah menurunkan rugi-rugi daya saluran dibandingkan dengan rugi-rugi daya saluran yang dilakukan tanpa melalui rekonfigurasi jaringan. Jika ditinjau profil tegangan jaringan, rekonfigurasi jaringan dan penempatan & penentuan kapasitor bank ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus.



(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu berubah secara perlahan-lahan. Selain itu, injeksi jumlah kapasitor bank ke jaringan RDS mempengaruhi kapasitas ukuran kapasitor bank dimana untuk satu kapasitor bank memiliki ukuran yang berbeda dengan lebih dari satu kapasitor bank.

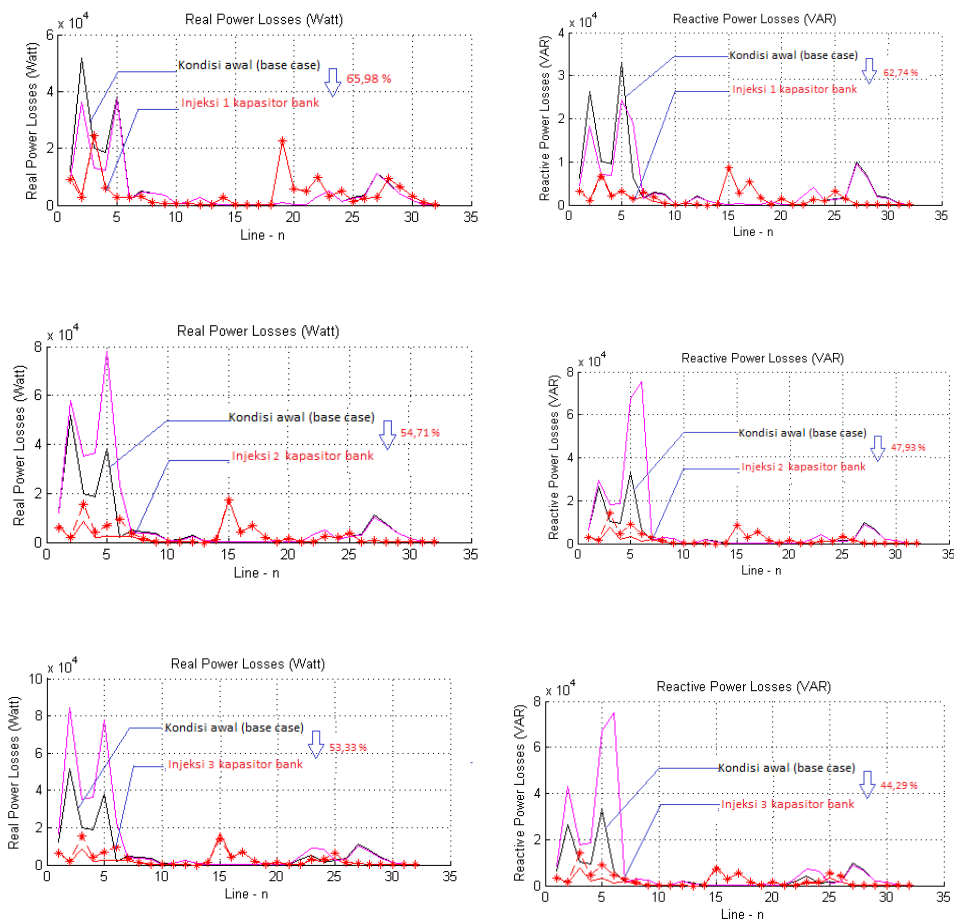


Gambar 5.52. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak dengan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksi dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.53.

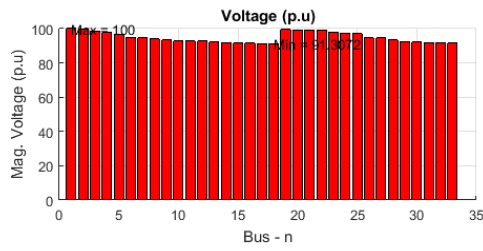
Tabel 5.13. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.

Advanced OPF (Fungsi Obyektif)	Injeksi Kapasitor Bank (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case	0	202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1		
1	1	82725.40698	59.18816406	70364.2525	47.9333345	96.45466	100	16	18	1018594.67	22
	2	109144.3816	46.15460042	95293.8705	29.4864381	96.45466	100.4102	22	18	987154.071	8
	3	98467.19574	51.42209408	80514.6907	40.4224259	98.03186	100.4102	22	25	756655.376	32
2	1	68950.99927	65.98364429	50348.4653	62.7441974	97.17708	100	30	29	660056.038	14
	2	91812.73281	54.70501355	70364.2002	47.9333732	97.19671	100.2583	11	29	715607.911	11
	3	94607.00982	53.3264821	75291.8201	44.2871363	97.41429	100.2918	11	29	1150632.64	7

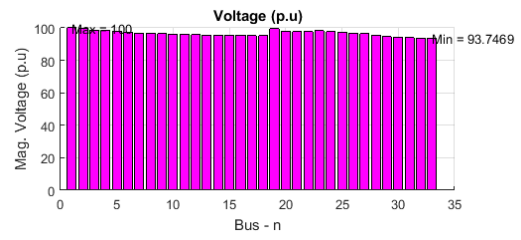


Gambar 5.53. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak.

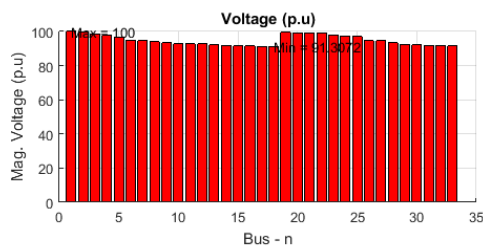
Pada saat, injeksi 1 (satu), 2(dua) dan 3 (tiga) kapasitor bank pada sistem IEEE 33 BUS dapat menurunkan rugi-rugi daya saluran baik aktif maupun reaktif. Di sisi lain, injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.54. Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif ganda/banyak menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diinjeksi kapasitor bank. Daya reaktif injeksi kapasitor bank mempengaruhi daya reaktif dari sumber. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5.55.



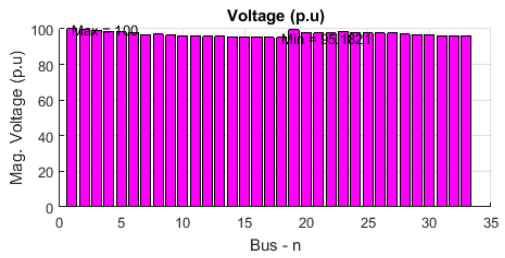
(a.) Kondisi Awal (Base case)



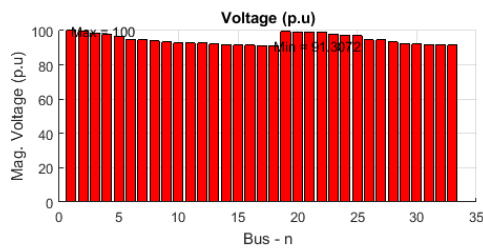
(b.) Injeksi 1 Kapasitor Bank



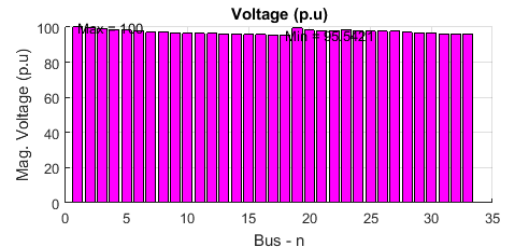
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Injeksi 2 Kapasitor Bank

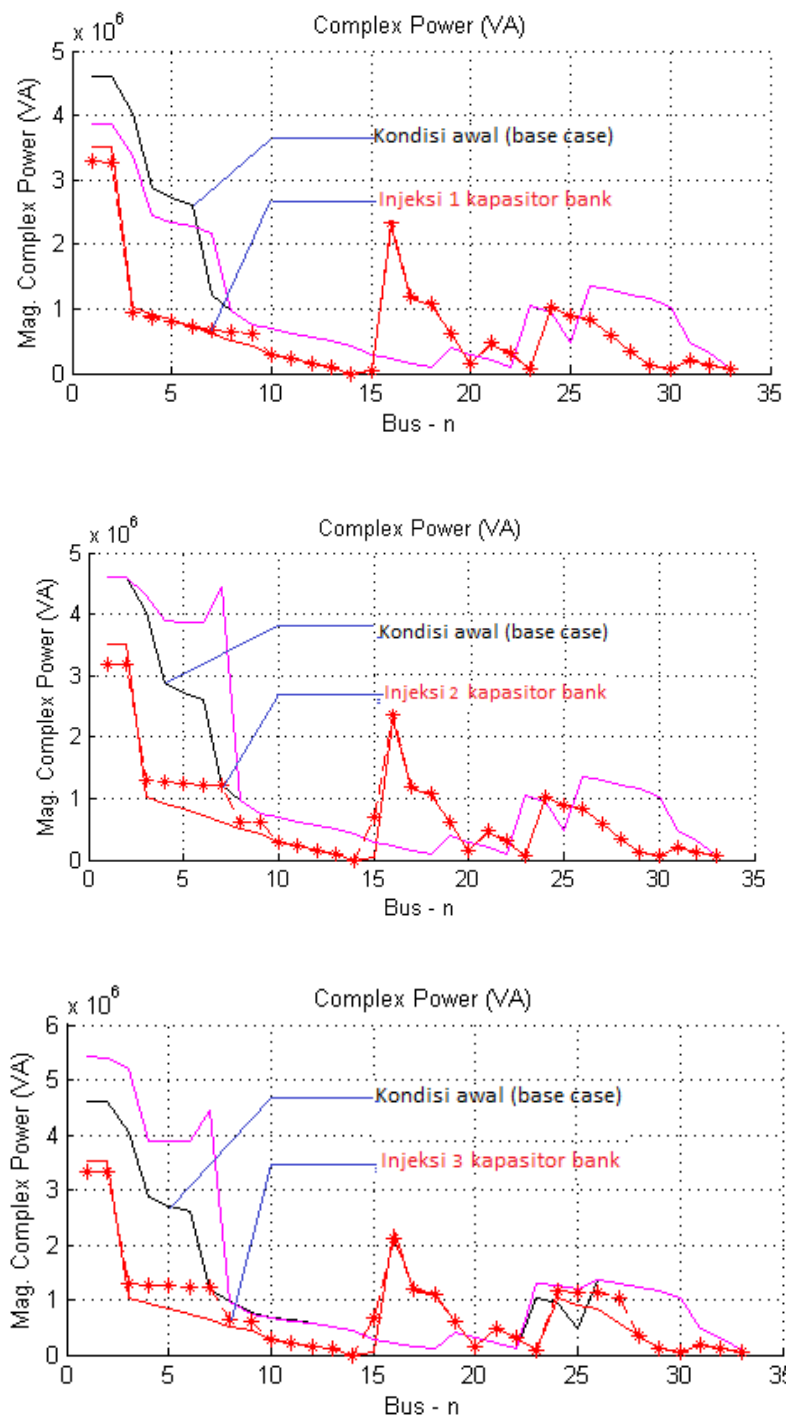


(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.54. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak.



Gambar 5.55. Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak.

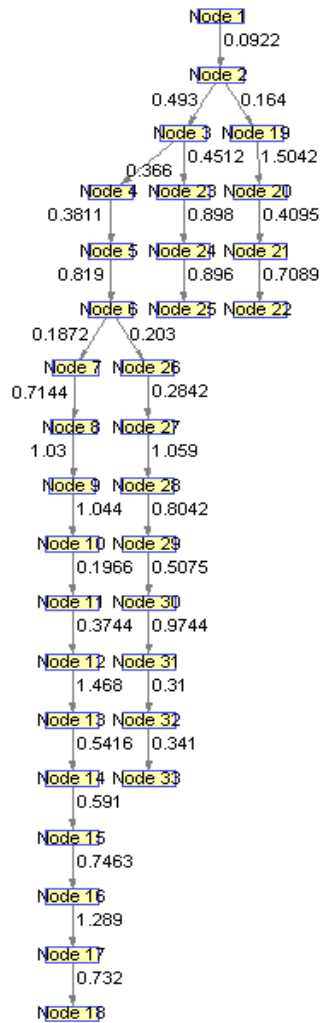
Sehingga dampak penempatan & penentuan kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

Selain itu, penempatan & penentuan kapasitor bank dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan dan injeksi beberapa kapasitor bank, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.56 sampai dengan Gambar 5.58. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS pada fungsi obyektif tunggal memberikan perubahan yang berarti pada perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

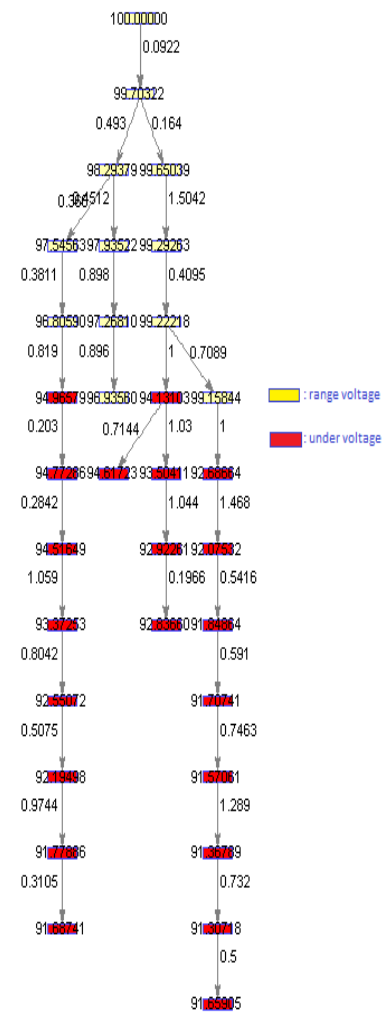
#### **5.4.2 Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)**

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan penyelesaian advanced OPF – CP Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)- 51 BUS. Penyelesaian advanced OPF-CP tersebut dilakukan dengan optimasi tujuan tunggal (*single objective optimization*) dan optimasi tujuan banyak (*multi objective optimization*). Selain itu, penyelesaian advanced OPF-CP tersebut juga dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah unit-unit kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan.

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya) -51 BUS – Optimasi Tujuan Tunggal dan Ganda



(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

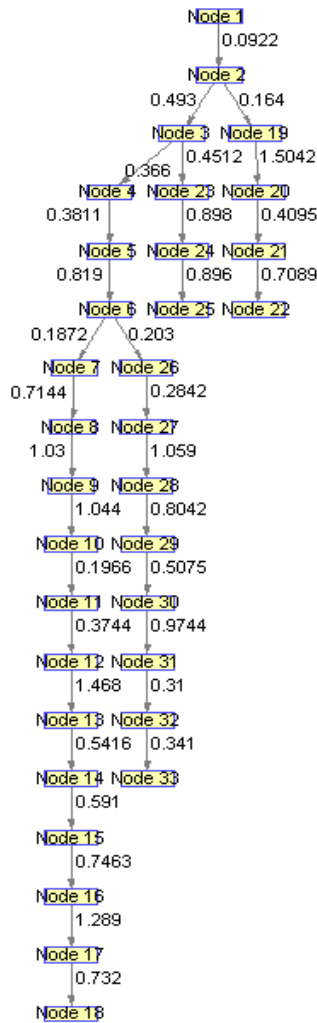


(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

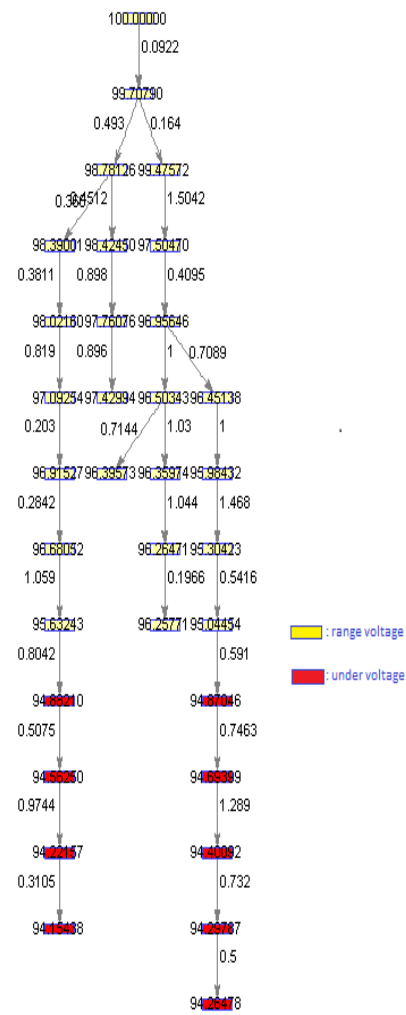
Gambar 5.56. Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-I dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak.

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya) - 51 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dan ganda dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan.





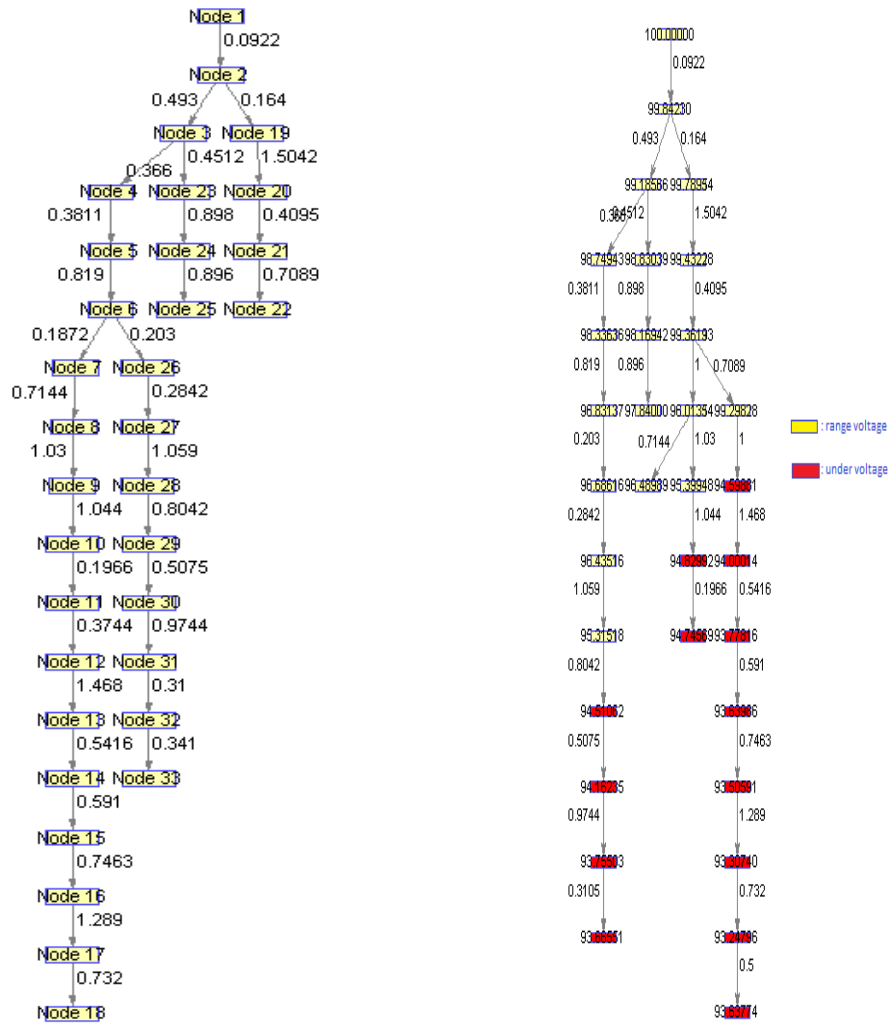
(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)



(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.57. Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-II dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/banyak.

Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank pada Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal ditunjukkan pada Gambar 5.59.

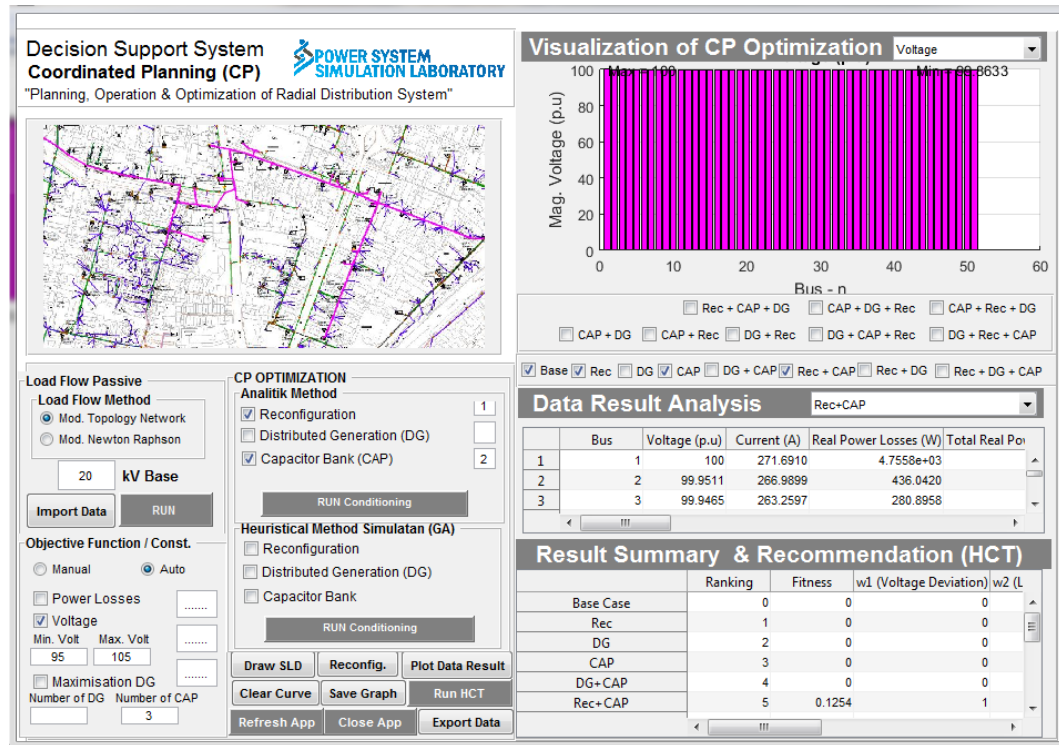


(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.58. Topologi Jaringan Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan-III dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Ganda/Banyak.

Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS melakukan simulasi dalam empat tahap, meliputi 1) Kondisi awal (base case); 2) Rekonfigurasi jaringan; 3) Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan; dan 4) Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank secara bersamaan.



Gambar 5.59. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS.

Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dan ganda dan injeksi varian jumlah kapasitor bank ditunjukkan pada Lampiran 20.

Analisis hasil simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS menunjukkan beberapa peningkatan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya dari kondisi yang sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.14. Injeksi beberapa unit kapasitor bank dengan fungsi obyektif tunggal dan ganda mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika beberapa kapasitor bank diinjeksi ke jaringan maka nilai rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 58,80 % sampai dengan 60,39

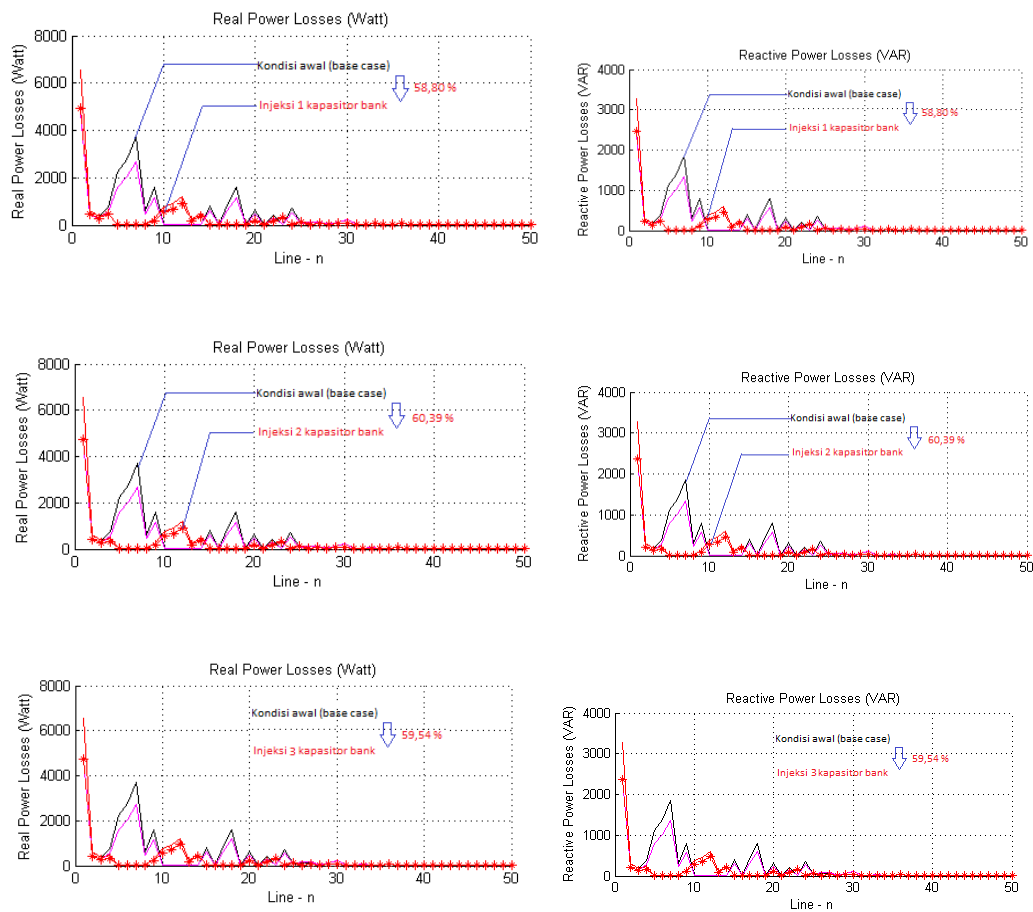
% . Sedangkan nilai rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 58,80 % sampai dengan 60,39 %. Penambahan jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan RDS telah menurunkan rugi-rugi daya saluran dibandingkan dengan rugi-rugi daya saluran yang dilakukan tanpa melalui rekonfigurasi jaringan. Fungsi obyektif tunggal dan ganda tidak mempengaruhi performansi Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS.

Tabel 5.14. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.

Advanced OPF (Fungsi Obyektif)	Injeksi Kapasitor Bank (unit)	Total Real Power Losses(Watt)	Penurunan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Penurunan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size CAP (VAR)	Bus Location CAP
Base Case	0	25413.67608		12707.3762		99.68501	100	33	1		
1	1	10470.96371	58.79791779	5235.61899	58.7985834	99.85156	100	1	43	3869709.99	11
	2	10066.43947	60.38967587	5033.35399	60.3902968	99.85744	100	1	43	1888669.33	24
	3	10281.7243	59.54255393	5141.00127	59.5431724	99.86328	100	1	43	613603.204	11
2	1	10470.96371	58.79791779	5235.61899	58.7985834	99.85156	100	1	43	3869709.99	11
	2	10066.43947	60.38967587	5033.35399	60.3902968	99.85744	100	1	43	1888669.33	24
	3	10281.7243	59.54255393	5141.00127	59.5431724	99.86328	100	1	43	613603.204	11

Jika ditinjau profil tegangan jaringan, rekonfigurasi jaringan dan penempatan & penentuan kapasitor bank ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu berubah secara perlahan-lahan. Selain itu, injeksi jumlah kapasitor bank ke jaringan RDS mempengaruhi kapasitas ukuran kapasitor bank dimana untuk satu kapasitor bank memiliki ukuran yang berbeda dengan lebih dari satu kapasitor bank.

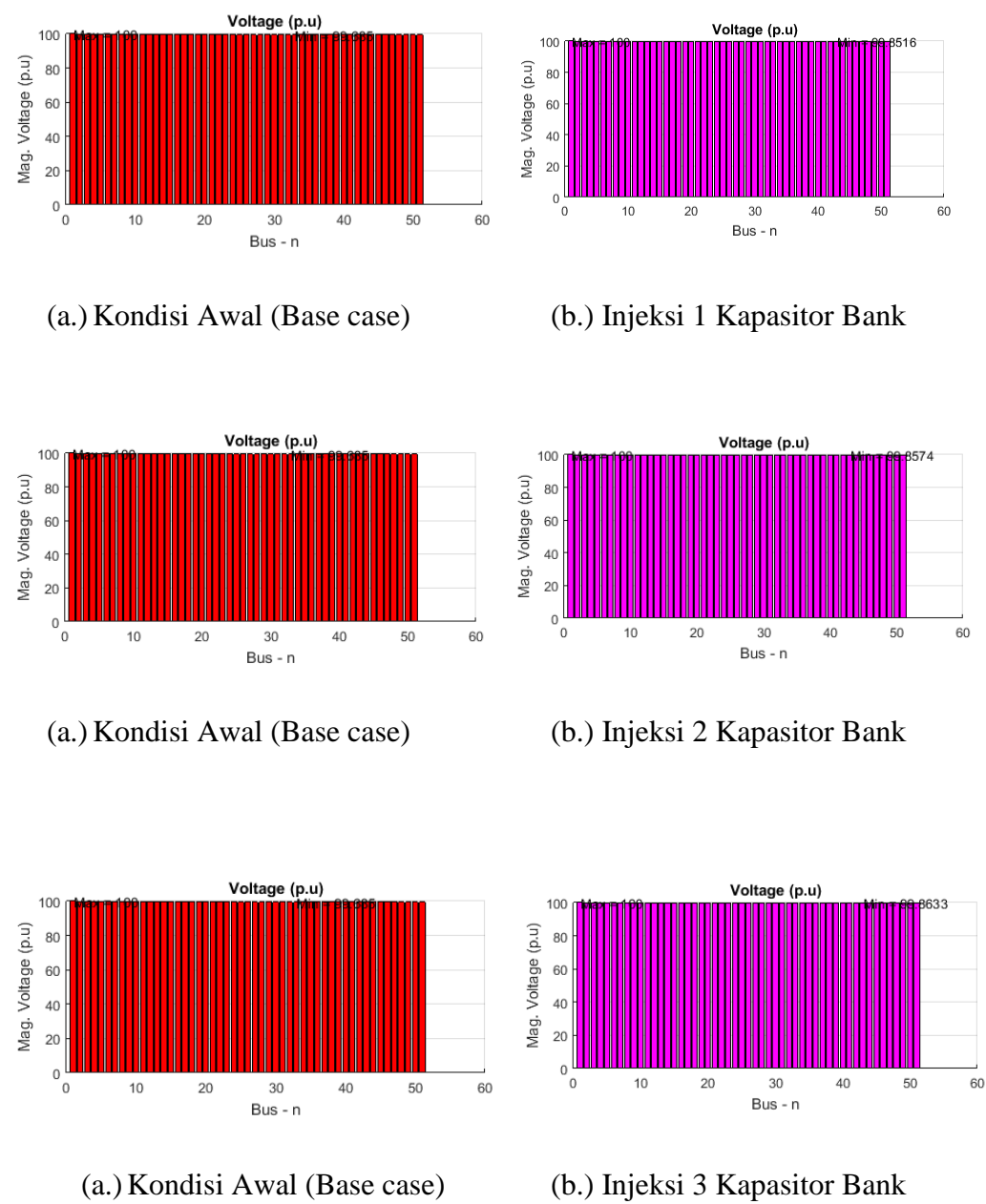
Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda dengan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksi dapat ditunjukkan secara lebih detail pada Gambar 5.60. Pada saat, injeksi 1 (satu), 2(dua) dan 3 (tiga) kapasitor bank pada Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS dapat menurunkan rugi-rugi daya saluran baik aktif maupun reaktif.



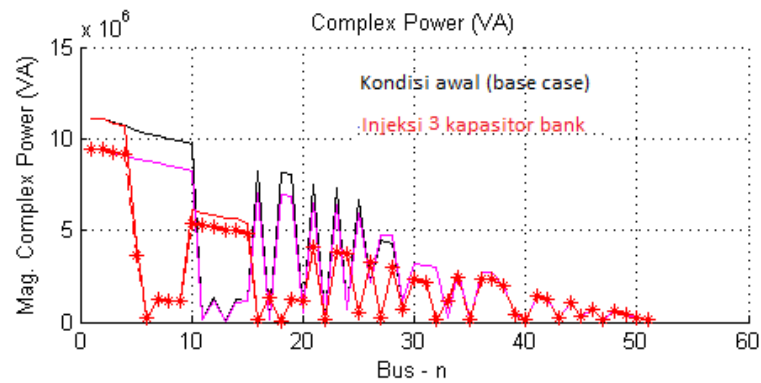
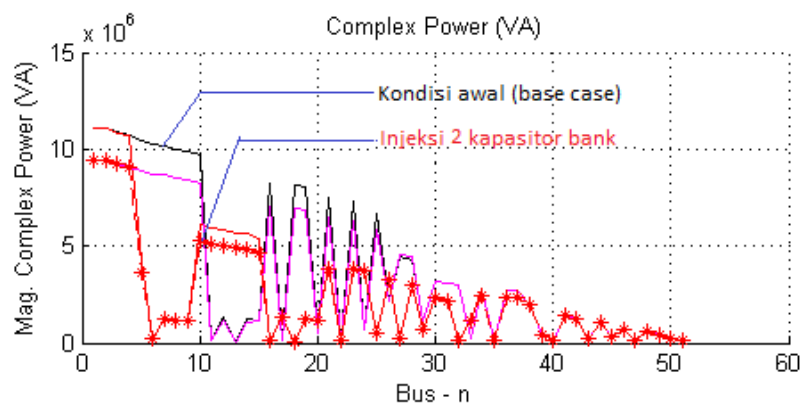
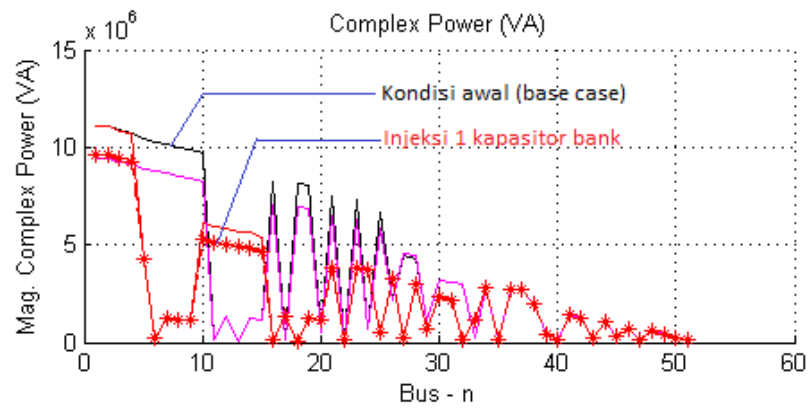
Gambar 5.60. Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya) -51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda.

Di sisi lain, injeksi beberapa kapasitor bank ke Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.61. Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah sesuai BUS yang telah diinjeksi kapasitor bank. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.62. Daya reaktif injeksi kapasitor bank mempengaruhi daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran

secara perlahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.



Gambar 5.61. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)- 51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda.



Gambar 5.62. Aliran Daya - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmad (Surabaya)-51 BUS- Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda.

Selain itu, penempatan & penentuan kapasitor bank dapat menampilkan topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan dan injeksi beberapa kapasitor bank. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS– Fungsi Obyektif Tunggal dan Ganda memberikan perubahan yang berarti pada perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

#### **5.4.3 Review Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Pada Jaringan RDS**

Hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan pemodelan dan simulasi aliran daya pada jaringan RDS aktif ( baik jaringan standar – Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS. Pada sisi perencanaan, Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat menunjukkan performansi aliran daya jaringan standar – Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) jika kedua sistem tersebut diinjeksi beberapa unit kapasitor bank. Selama beberapa kondisi dipenuhi, Simulator DSS-CP berbasis HCT masih dapat melakukan pemodelan dan simulasi sesuai dengan kebutuhan sistem distribusi. Tapi pada sisi operasi, hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT perlu dipertimbangkan berdasarkan kondisi di lapangan sesungguhnya. Operasi Sistem IEEE-33 BUS merupakan jaringan standar dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang ditetapkan. Tapi operasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS merupakan jaringan riil dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang mempertimbangkan kondisi lapangan. Beberapa hal yang harus diperhatikan jaringan RDS aktif direncanakan dan dioperasikan, adalah

- **Injeksi Beberapa Unit Kapasitor Bank pada Jaringan RDS**

Injeksi beberapa unit kapasitor bank ke jaringan RDS dapat meningkatkan performansi profil tegangan dan menurunkan rugi-rugi daya total saluran sistem distribusi tapi semakin banyaknya integrasi beberapa unit kapasitor bank harus



mempertimbangkan faktor daya yang mempengaruhi beban-beban yang membutuhkan daya aktif maupun reaktif. Fenomena yang menarik, semakin banyaknya injeksi beberapa unit kapasitor bank belum tentu selamanya rugi-rugi daya saluran total akan menurun juga. Hal ini disebabkan ukuran beberapa unit kapasitor bank yang diintegrasikan ke jaringan RDS akan mempengaruhi profil rugi-rugi daya yang melalui saluran antar bus. Dimana rugi-rugi daya saluran sebanding dengan  $I^2R$  dan  $I$  berbanding lurus dengan  $S$  yang mempertimbangkan arus saluran ( $I$ ), resistansi ( $R$ ) serta aliran daya yang melalui saluran ( $S$ ).

- **Skalabilitas Perencanaan dan Operasi pada Jaringan RDS**

Skalabilitas merupakan jangkauan dan rentang perencanaan dan operasi jaringan RDS masih menunjukkan hasil performansi yang terbaik sesuai kebutuhan dan target yang dicapai.

Oleh sebab itu, sisi optimasi, Simulator DSS-CP berbasis HCT harus dapat memberikan penyelesaian awal untuk integrasi beberapa unit kapasitor bank yang optimal dari sisi teknis. Sisi teknis tersebut adalah penempatan/alokasi dan penentuan/penetapan ukuran yang optimal unit kapasitor bank yang diintegrasikan ke jaringan RDS.

## **5.5 Analisis Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS**

Rekonfigurasi jaringan, alokasi kapasitor bank yang optimal, dan alokasi unit-unit DG adalah tiga teknik perencanaan terkoordinasi yang diadaptasikan untuk pengurangan rugi-rugi daya aktif saluran. Teknik-teknik ini tidak hanya mengendalikan rugi-rugi daya saluran tapi juga memperbaiki profil tegangan jaringan RDS, dan meningkatkan kehandalan dan keamanan sistem distribusi.

Analisis advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada jaringan RDS dilakukan pada jaringan standar - Sistem IEEE-33 BUS dan jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS. Kedua jaringan RDS tersebut memiliki jumlah BUS yang berbeda dan orientasi optimasi yang berbeda pula.

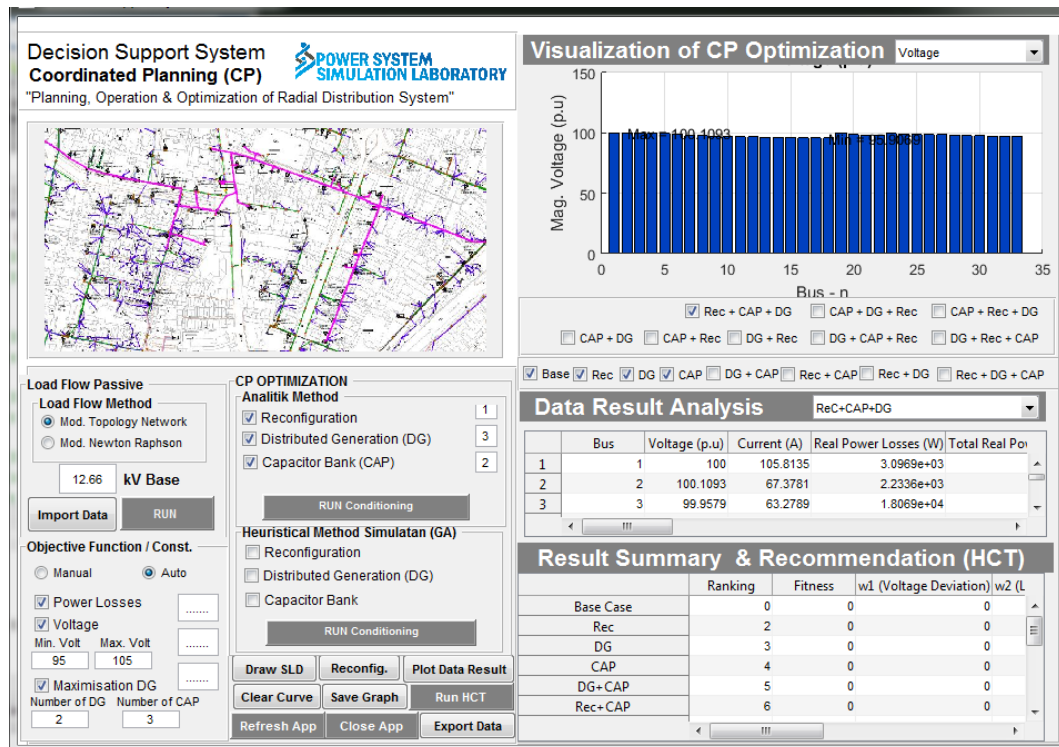
Sistem IEEE-33 BUS merupakan tes sistem standar untuk simulasi skala model dan Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan tes sistem riil untuk simulasi skala lapangan.

#### **5.5.1 Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS – Sistem IEEE – 33 BUS**

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan penyelesaian advanced OPF – CP Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada sistem IEEE 33 BUS. Penyelesaian advanced OPF-CP tersebut dilakukan dengan optimasi tujuan tunggal (*single objective optimization*) dan optimasi tujuan banyak (*multi objective optimization*). Selain itu, penyelesaian advanced OPF-CP tersebut juga dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah kapasitor bank dan unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan.

#### **Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Sistem IEEE-33BUS – Optimasi Tujuan Tunggal**

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada pada Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada pada Sistem IEEE 33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal ditunjukkan pada Gambar 5.63.



Gambar 5.63. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS.

Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS melakukan simulasi dalam lima tahap, meliputi 1) Kondisi awal (base case); 2) Rekonfigurasi jaringan; 3) Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan; 4) Penempatan & Penentuan Unit DG; dan 5) Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG secara bersamaan. Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dan injeksi varian jumlah kapasitor bank dan integrasi unit DG ditunjukkan pada Lampiran 21.

Analisis hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS menunjukkan

beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.15. Injeksi beberapa unit kapasitor bank dan integrasi unit DG mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika rekonfigurasi jaringan diterapkan, beberapa unit DG diintegrasikan dan beberapa kapasitor bank diinjeksikan ke jaringan maka nilai total rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 64,82 % sampai dengan 86,33 % dan nilai total rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 59,33% sampai dengan 83,18%. Penambahan jumlah unit DG yang diintegrasikan dan jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan RDS telah mempengaruhi total rugi-rugi daya saluran yang optimum. Kondisi total rugi-rugi daya saluran maksimum diperoleh penurunan total rugi-rugi daya ketika jaringan RDS diintegrasikan 3 unit DG dan diinjeksikan 1 kapasitor bank. Begitu sebaliknya, kondisi total rugi-rugi daya saluran minimum diperoleh penurunan total rugi-rugi daya ketika jaringan RDS diintegrasikan 1 unit DG dan diinjeksikan 3 kapasitor bank.

Tabel 5.15. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan;Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal, Integrasi Unit DG dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.

Integrasi Unit DG	Injeksi Kapasitor Bank	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case		202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1						
1	1	67894.30531	66.50495476	54961.0404	59.3310807	95.96912	100.0097	29	33	1414856	1202627	745321.4	29	453829.3	14
	2	68173.21191	66.3673587	48165.0307	64.3598496	96.55889	100.4479	22	32	1206121	1025203	635363.9	22	971028.7	30
	3	71306.95229	64.82135605	51038.6131	62.2335163	96.55973	100.5227	22	32	1096909	932372.9	577832.8	22	275934.2	8
2	1	41594.31714	79.47981752	31735.6348	76.5169298	98.13991	100.467	22	25	1187907	1009721	625769	22	453829.3	14
	2	45709.65411	77.44955302	34999.4376	74.1018494	98.13373	100.5109	22	25	958900.4	815065.3	505132.1	28	971028.7	30
	3	48876.51903	75.88720868	37887.094	71.9651019	98.13433	100.5857	22	25	958376.4	814619.9	504856.1	28	275934.2	8
3	1	27712.97154	86.3280546	22730.451	83.180397	99.12026	100.5354	22	33	1052302	894456.6	54334.4	24	453829.3	14
	2	32226.0469	84.10156944	26181.6582	80.6266451	99.16376	100.5783	22	33	1036787	881269.1	546161.6	24	971028.7	30
	3	35424.21843	82.52378026	29083.276	78.4795667	99.23949	100.653	22	33	1035732	880372.1	545605.6	24	275934.2	8

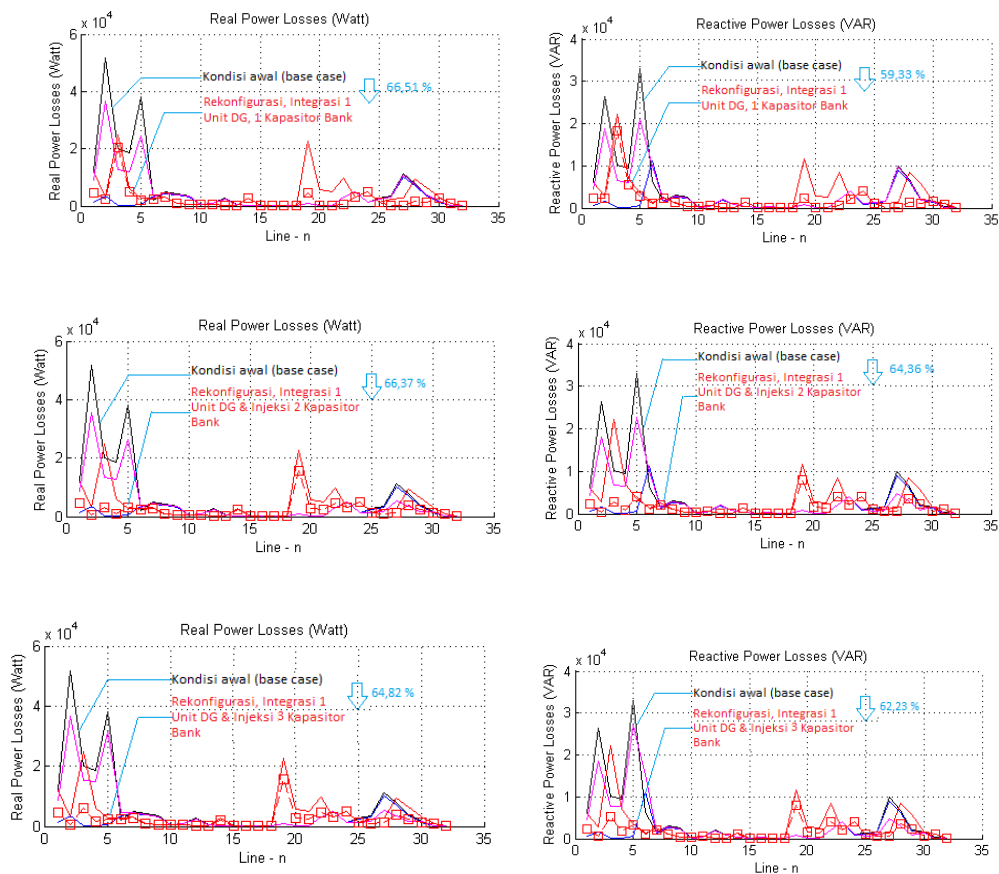
Jika ditinjau profil tegangan jaringan, rekonfigurasi jaringan, penempatan & penentuan kapasitor bank dan penempatan & penentuan unit-unit DG ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan. Selanjutnya, injeksi jumlah kapasitor bank ke jaringan RDS mempengaruhi kapasitas ukuran kapasitor bank dimana untuk kapasitor bank memiliki ukuran dan penempatan pada BUS yang sama dan berbeda. Selain itu, integrasi jumlah unit DG

ke jaringan RDS juga mempengaruhi kapasitas ukuran unit DG dimana untuk Unit DG memiliki ukuran dan penempatan pada BUS yang sama dan berbeda. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dengan variasi jumlah unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat ditunjukkan pada beberapa kondisi.

#### Kondisi I – Rekonfigurasi, Integrasi 1 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS melalui Fungsi Obyektif Tunggal dengan 1 unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS. Kondisi I meliputi rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada Sistem IEEE 33 BUS dapat menurunkan total rugi-rugi daya saluran baik aktif maupun reaktif. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.64. Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Sistem IEEE 33 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.65.

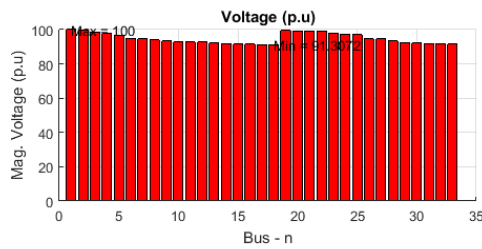
Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS menunjukkan integrasi unit DG masih dominan dalam peningkatan profil tegangan terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan. Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah.



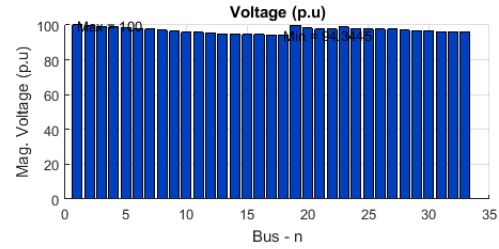
Gambar 5.64. Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.66. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 1 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS. Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 1 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan

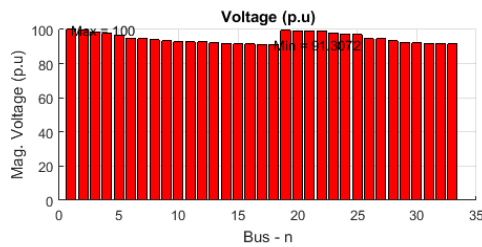
dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank.



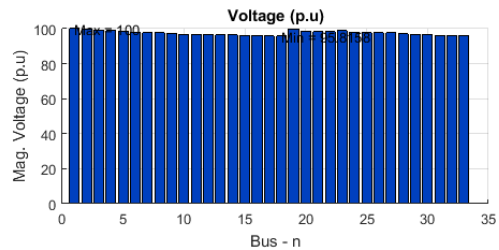
(a.) Kondisi Awal (Base case)



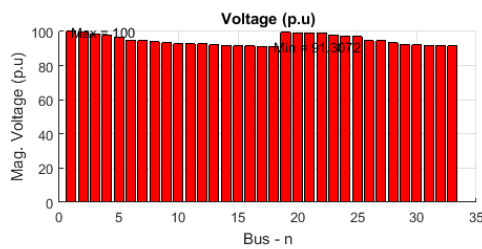
(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



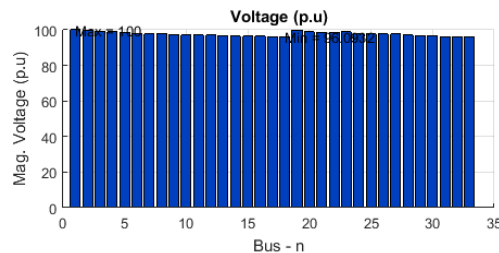
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank

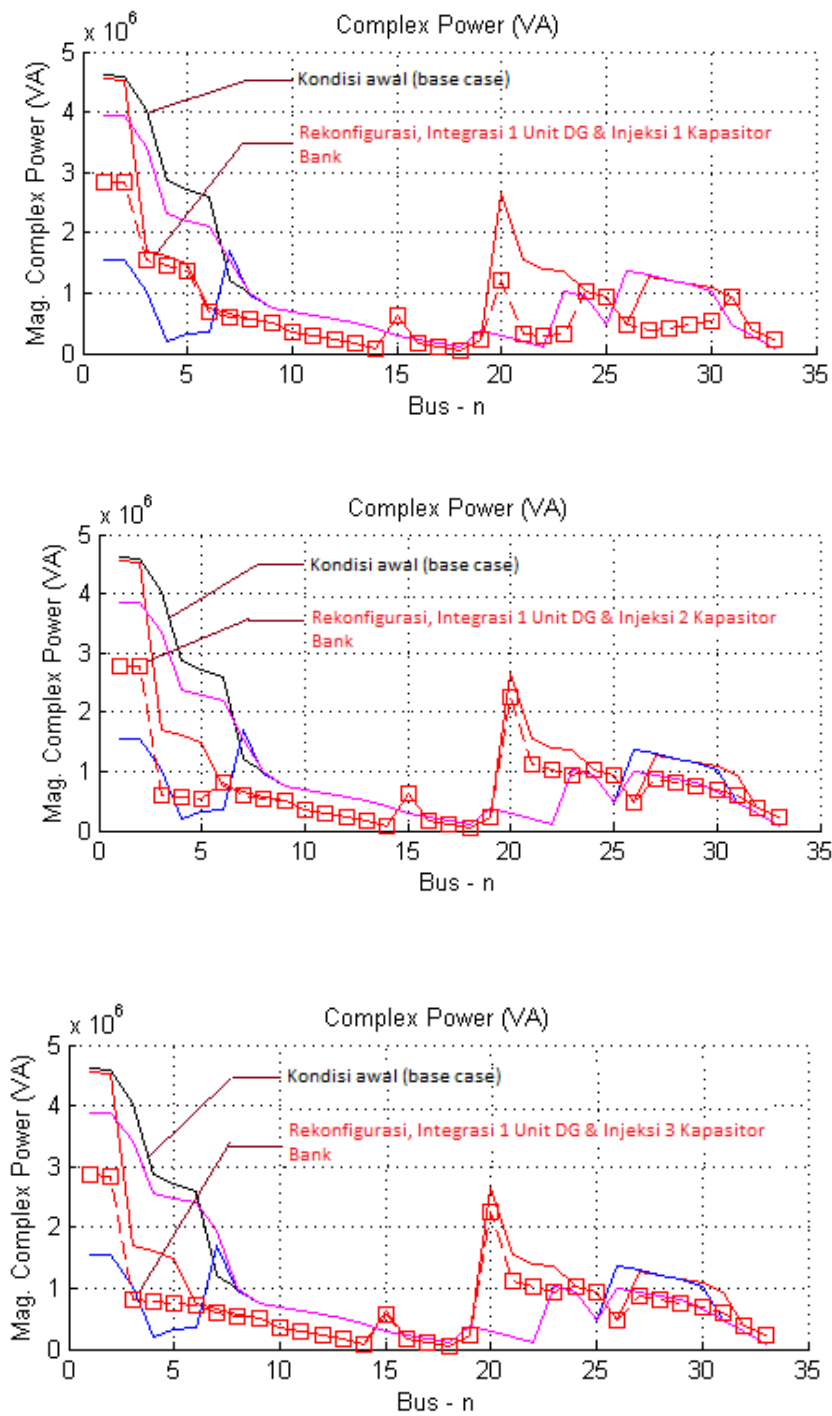


(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.65. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.



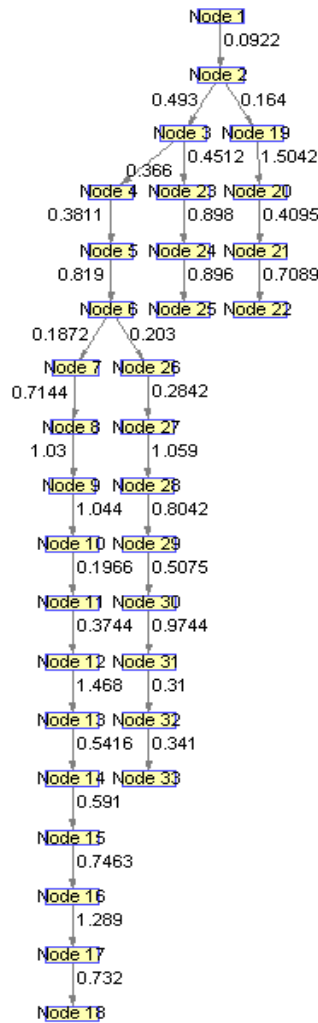
Gambar 5.66. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.



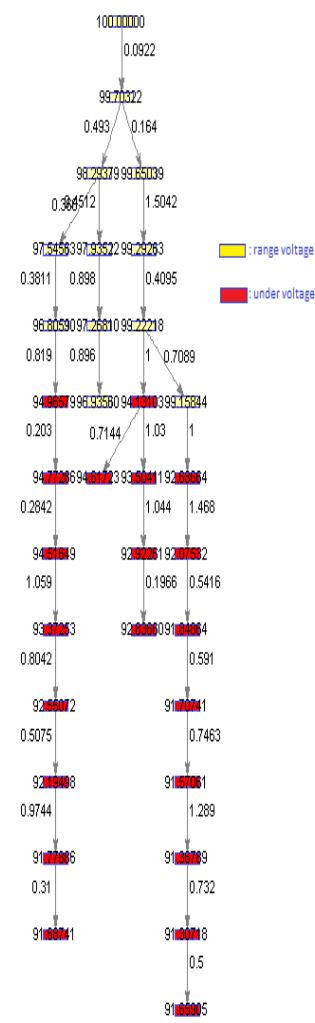
Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial. Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan. Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi dan beberapa kegiatan perencanaan terkoordinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

Topologi jaringan awal sebelum Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS dengan Fungsi Obyektif Tunggal serta Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi. Posisi-posisi saklar telah ditetapkan untuk melakukan rekonfigurasi jaringan RDS- Sistem IEEE-33 BUS. Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan.



(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

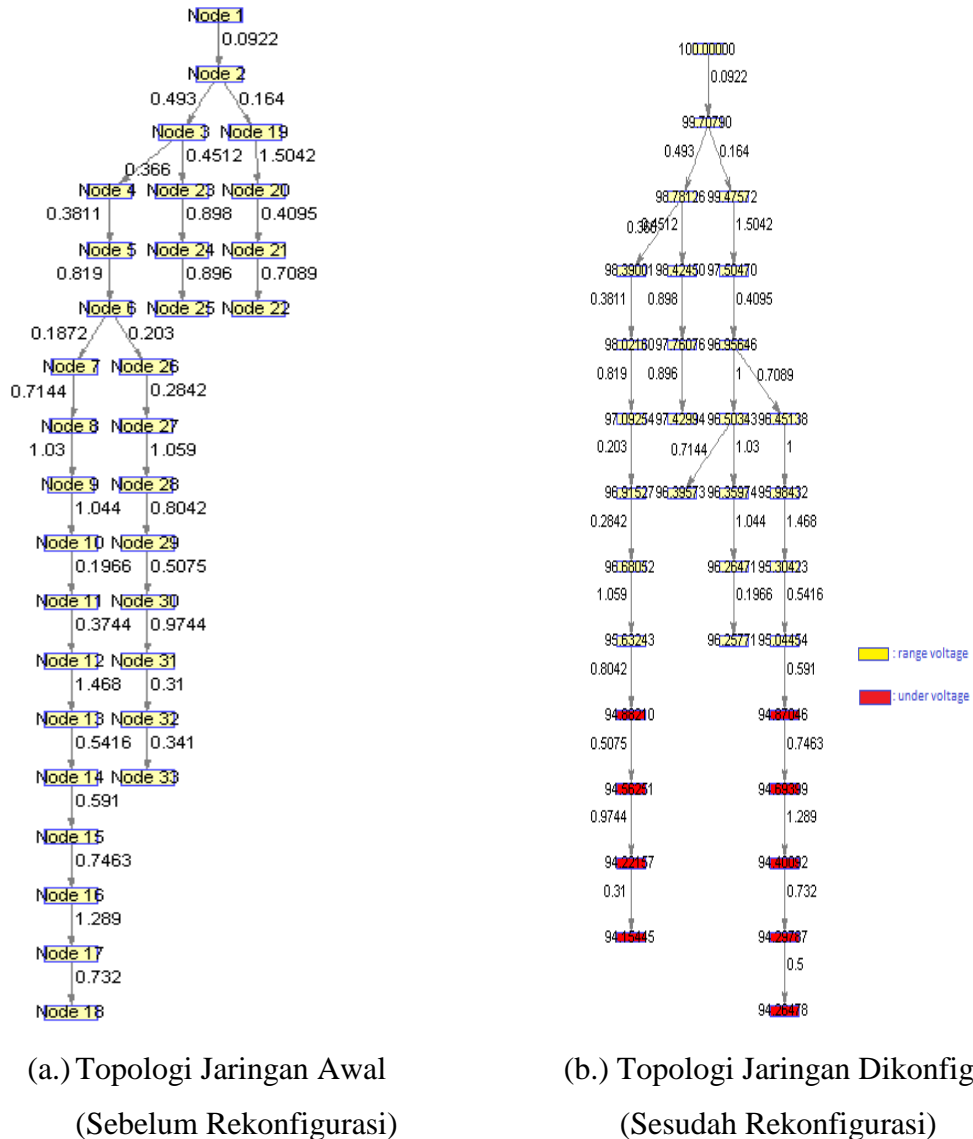


(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.67. Topologi Jaringan - I Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Topologi jaringan - I setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. Kondisi tegangan dapat berada pada tegangan yang

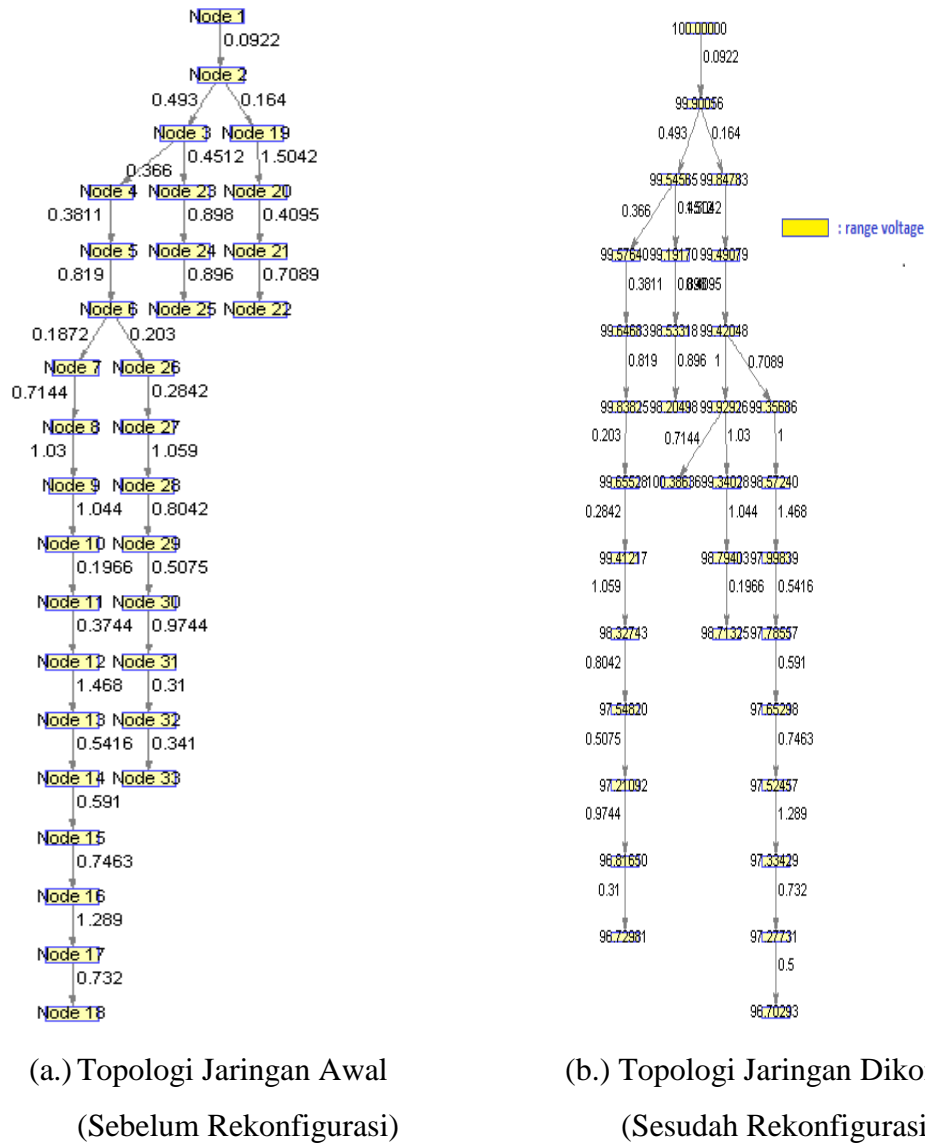
ditetapkan ( *range voltage*) dan diluar tegangan yang ditetapkan (*under voltage*). Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.67.



Gambar 5.68. Topologi Jaringan - II Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Topologi jaringan - II setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tidak beda jauh dengan Topologi jaringan – I, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan.

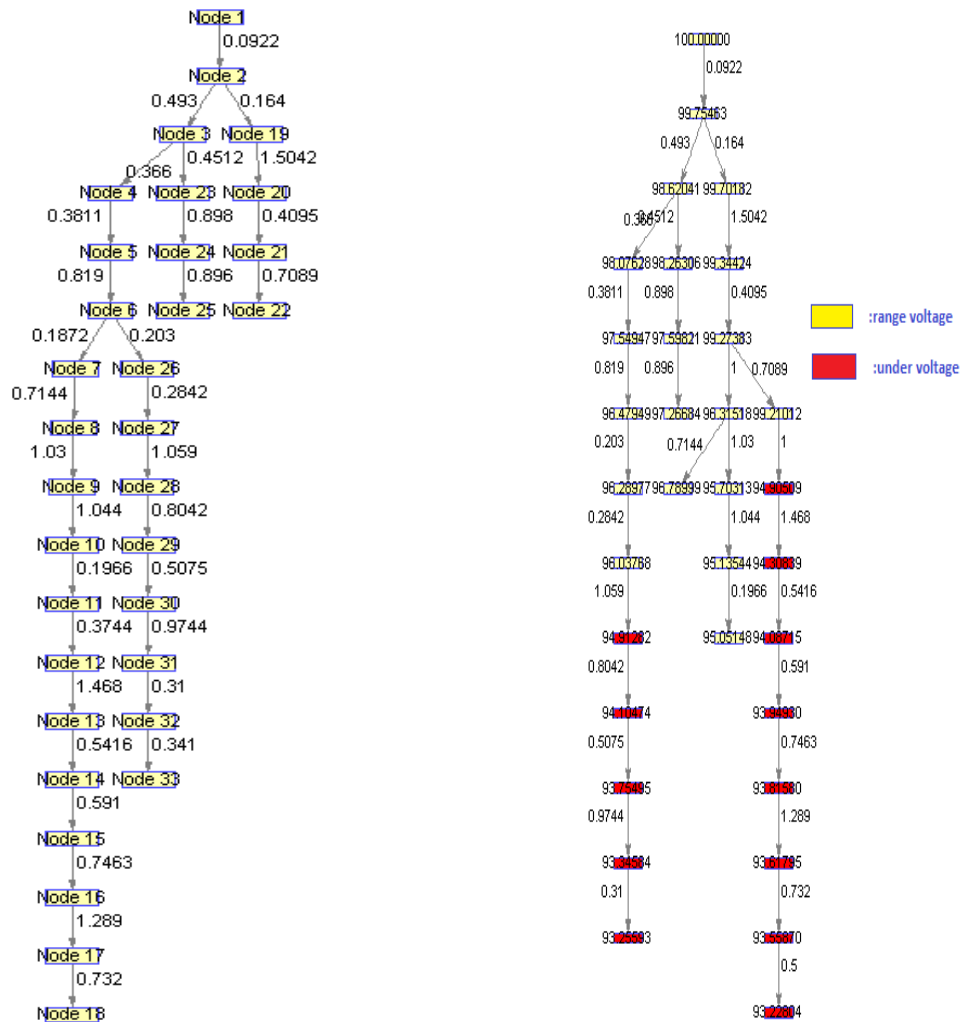
Dimana kondisi tegangan BUS yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) mulai meningkat dibandingkan dengan tegangan BUS sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.68.



Gambar 5.69. Topologi Jaringan - III Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Topologi jaringan - III setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS telah mengalami perubahan yang begitu berarti. Topologi

jaringan – III, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*). Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.69.



(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.70. Topologi jaringan - IV Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

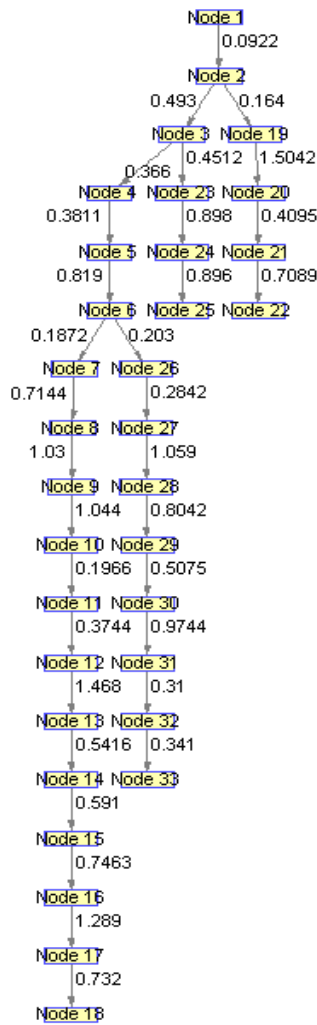
Topologi jaringan - IV setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tidak beda jauh dengan Topologi jaringan – II, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. Dimana kondisi tegangan BUS yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) telah terjadi peningkatan dibandingkan dengan tegangan BUS sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.70.

Akhirnya, Topologi jaringan - V setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS telah mengalami perubahan yang penting pada kegiatan perencanaan jaringan. Topologi jaringan – V, seluruh tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*). Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.71.

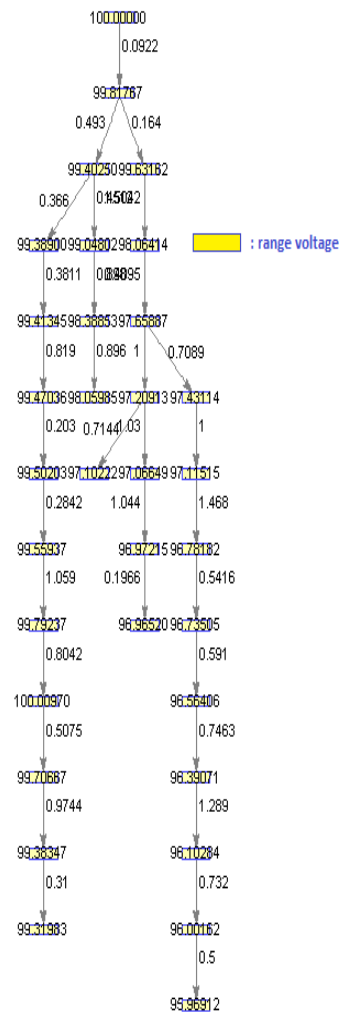
Kondisi II – Rekonfigurasi, Integrasi 2 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank
---

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS melalui Fungsi Obyektif Tunggal dengan 2 unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS.

Kondisi II meliputi rekonfigurasi, integrasi 2 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada sistem IEEE-33 BUS dapat melakukan penurunan total rugi-rugi daya saluran baik aktif maupun reaktif. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.72. Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 2 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE-33 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.73.



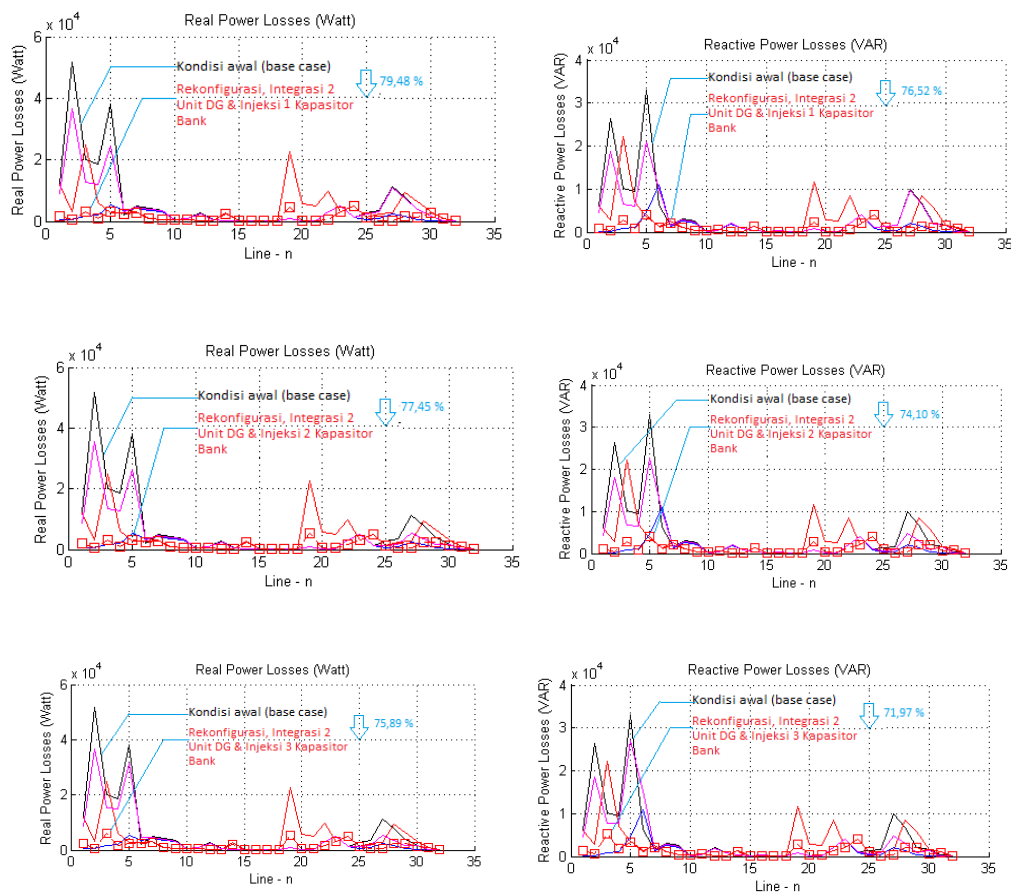
(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)



(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.71. Topologi Jaringan - V Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

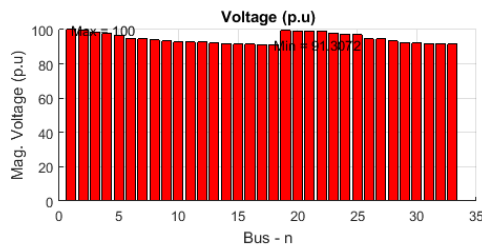
Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 2 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS menunjukkan integrasi unit DG masih dominan dalam peningkatan profil tegangan terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan.



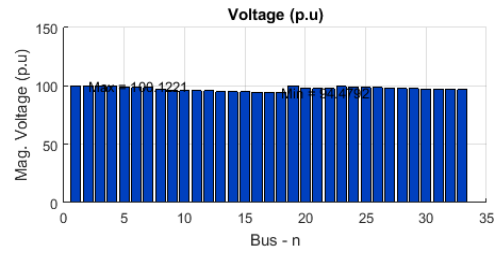
Gambar 5.72. Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 1 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Hal ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.74. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

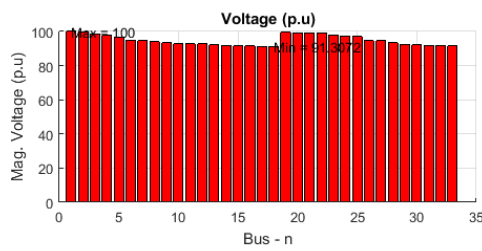




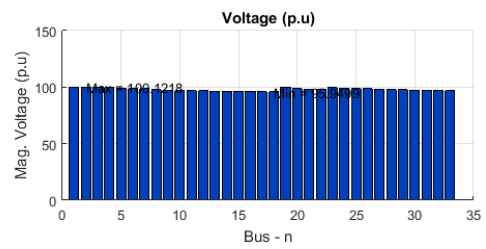
(a.) Kondisi Awal (Base case)



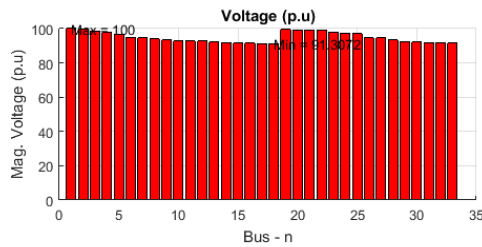
(b.) Integrasi 2 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



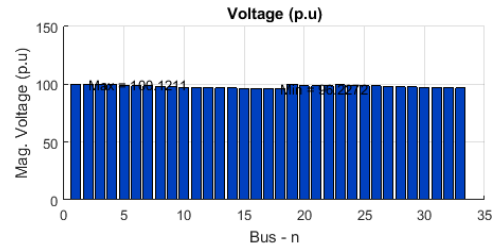
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank

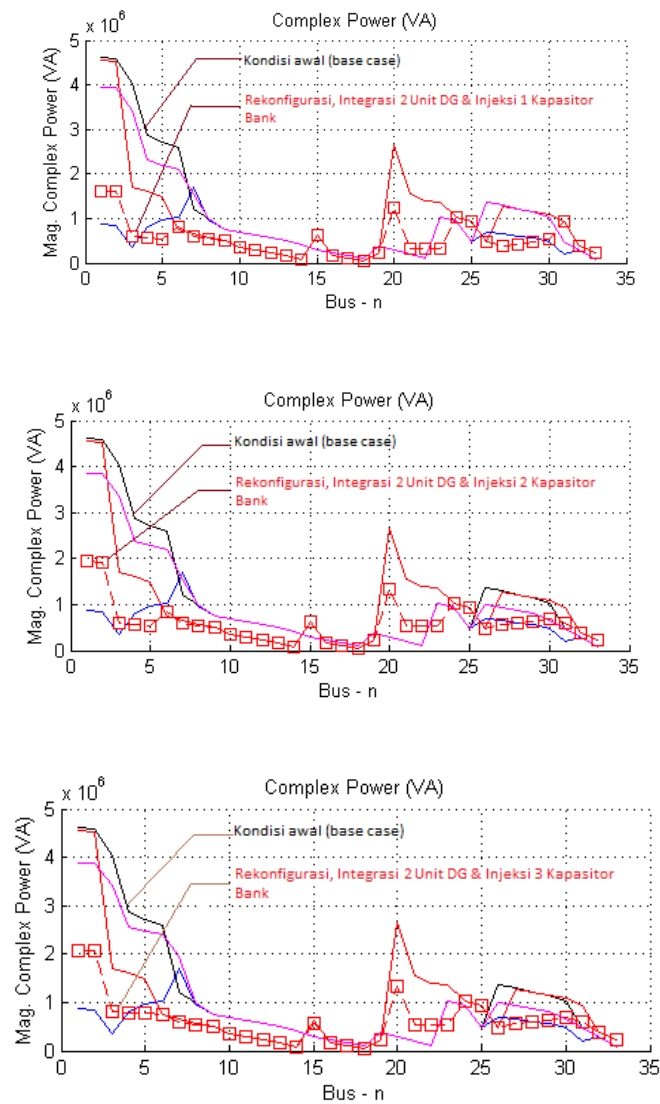


(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.73. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.



Gambar 5.74. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 2 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 2 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank. Topologi jaringan hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range

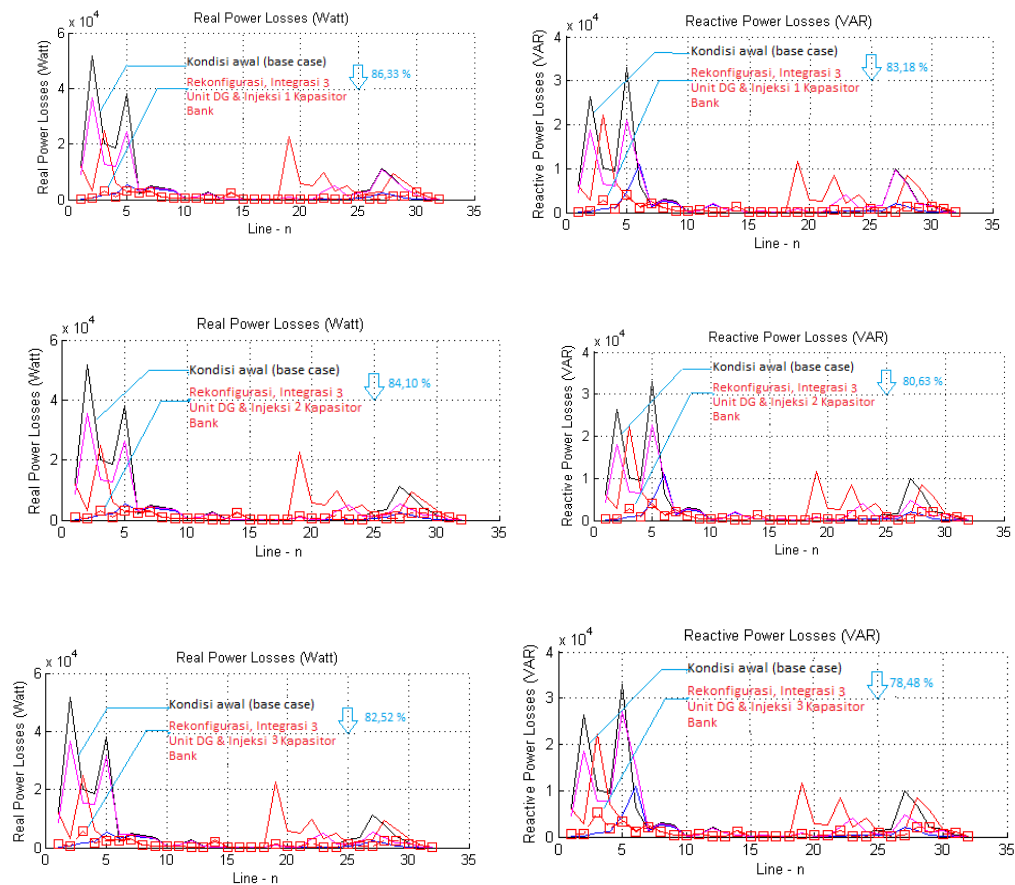
tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara bervariasi memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial. Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan. Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi dan beberapa kegiatan perencanaan terkoordinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

Topologi jaringan sebelum dan sesudah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS dengan Fungsi Obyektif Tunggal serta Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi telah memiliki kemiripan dengan Kondisi I Rekonfigurasi, Integrasi 1 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank.

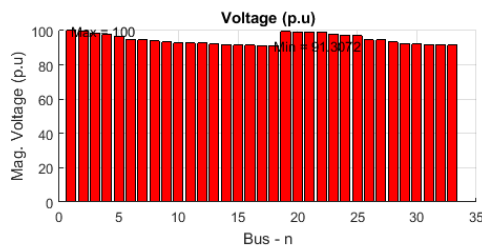
<p>Kondisi III – Rekonfigurasi, Integrasi 3 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank</p>
---

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS melalui Fungsi Obyektif Tunggal dengan 3 unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS.

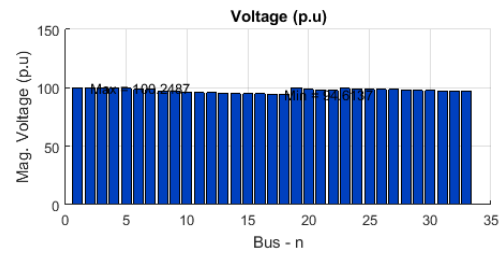


Gambar 5.75. Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

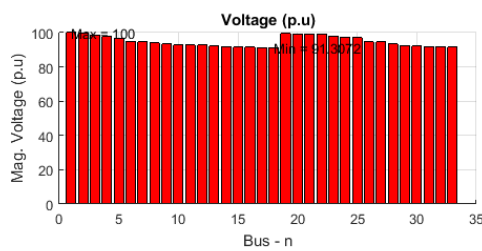
Kondisi III meliputi rekonfigurasi, integrasi 3 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada sistem IEEE-33 BUS dapat melakukan penurunan total rugi-rugi daya saluran baik aktif maupun reaktif secara meningkat dibandingkan kondisi sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.75. Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE-33 BUS meningkatkan profil tegangan baik khususnya tegangan minimum naik secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.76.



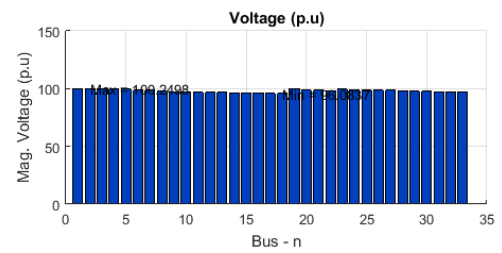
(a.) Kondisi Awal (Base case)



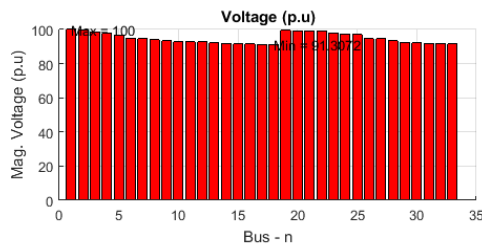
(b.) Integrasi 3 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



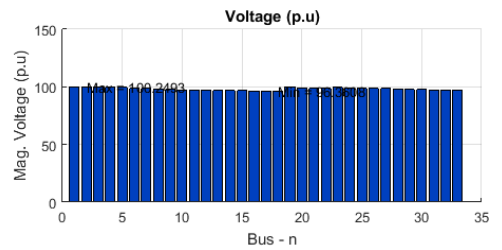
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 3 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank



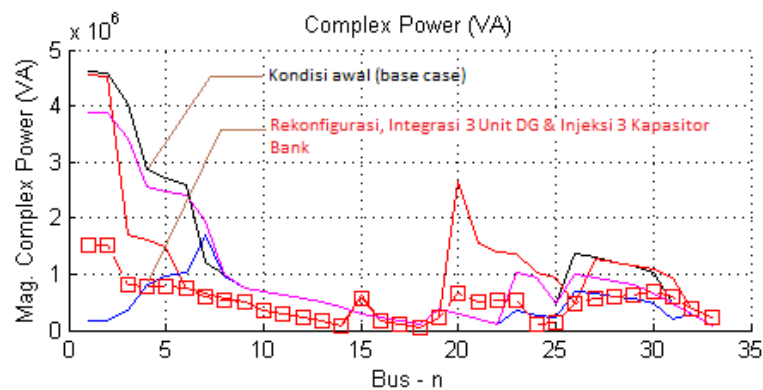
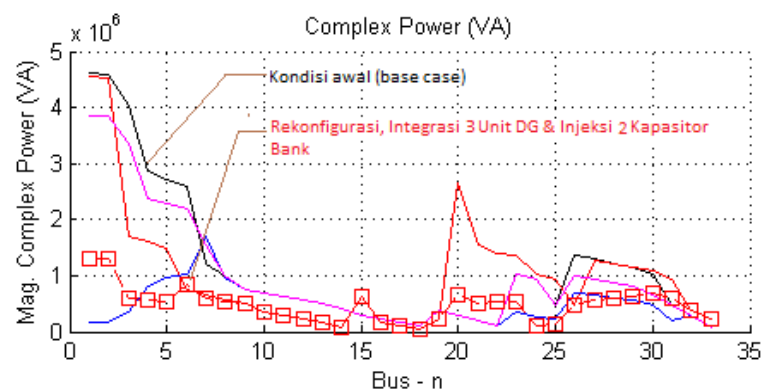
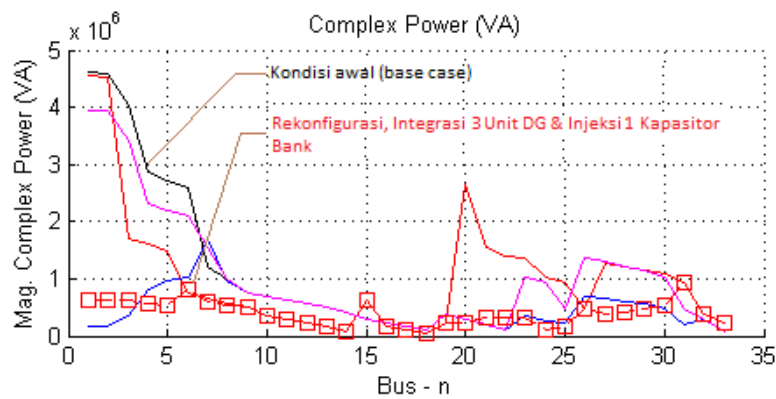
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 3 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.76. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Sistem IEEE 33 BUS menunjukkan integrasi unit DG masih dominan dalam peningkatan profil tegangan terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan.



Gambar 5.77. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – integrasi 3 Unit DG & Injeksi

Kapasitor Bank secara bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.77. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 3 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 3 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing BUS. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara bervariasi memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial. Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan. Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi dan beberapa kegiatan perencanaan terkoordinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

Topologi jaringan sebelum dan sesudah Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan

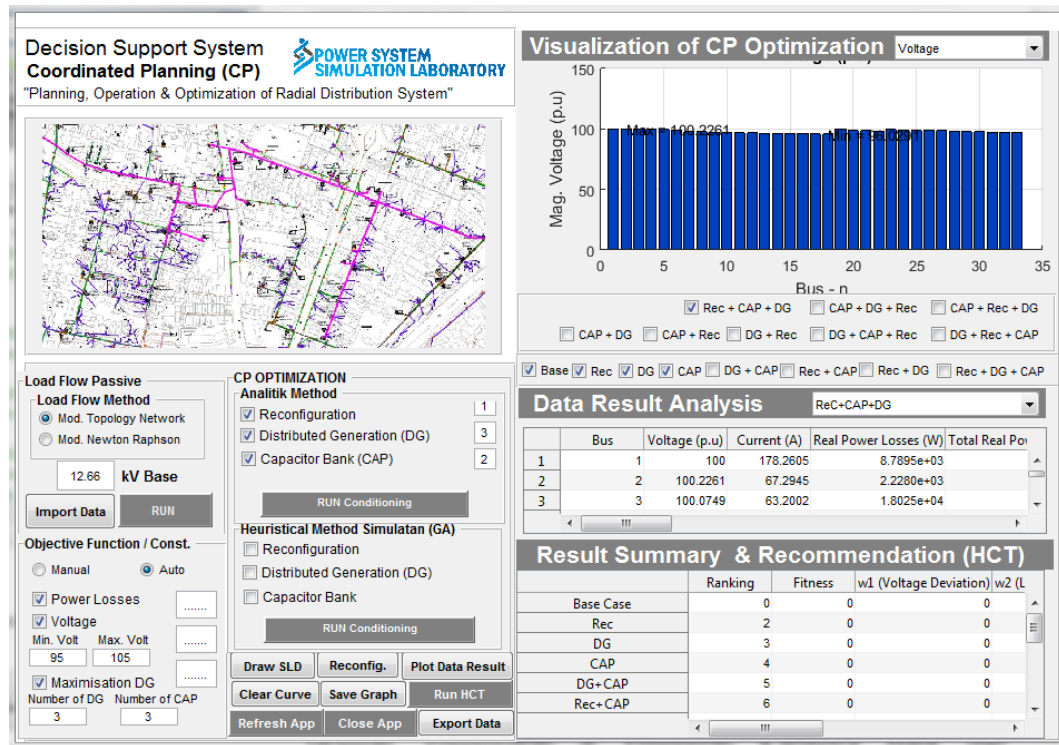
Unit DG Sistem IEEE-33 BUS dengan Fungsi Obyektif Tunggal serta Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi telah memiliki kemiripan dengan Kondisi II Rekonfigurasi, Integrasi 2 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank.

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Sistem IEEE-33BUS – Optimasi Fungsi Obyektif Banyak

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada pada Sistem IEEE-33 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif banyak dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. SIMULATOR DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Sistem IEEE-33 BUS. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada pada Sistem IEEE 33 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif banyak ditunjukkan pada Gambar 5.78.

Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS melakukan simulasi dalam lima tahap, meliputi 1) Kondisi awal (base case); 2) Rekonfigurasi jaringan; 3) Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank Jaringan; 4) Penempatan & Penentuan Unit DG; dan 5) Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG secara bersamaan. Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif banyak dan injeksi varian jumlah kapasitor bank dan integrasi unit DG ditunjukkan pada Lampiran 22.





Gambar 5.78. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS-Fungsi Obyektif Banyak.

Analisis hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Jaringan RDS – Sistem IEEE-33 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.16. Injeksi beberapa unit kapasitor bank dan integrasi unit DG mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika rekonfigurasi jaringan diterapkan, beberapa unit DG diintegrasikan dan beberapa kapasitor bank diinjeksikan ke jaringan maka nilai total rugi-rugi daya aktif mengalami penurunan sebesar 41,55 % sampai dengan 63,61 % dan nilai total rugi-rugi daya reaktif mengalami penurunan sebesar 34,31% sampai dengan 78,48%. Penambahan jumlah unit DG yang diintegrasikan dan jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan RDS telah mempengaruhi total rugi-rugi daya saluran yang optimum.

Kondisi total rugi-rugi daya saluran maksimum diperoleh penurunan total rugi-rugi daya ketika jaringan RDS diintegrasikan 2 unit DG dan diinjeksikan 3 kapasitor bank. Begitu sebaliknya, kondisi total rugi-rugi daya saluran minimum diperoleh penurunan total rugi-rugi daya ketika jaringan RDS diintegrasikan 1 unit DG dan diinjeksikan 1 kapasitor bank.

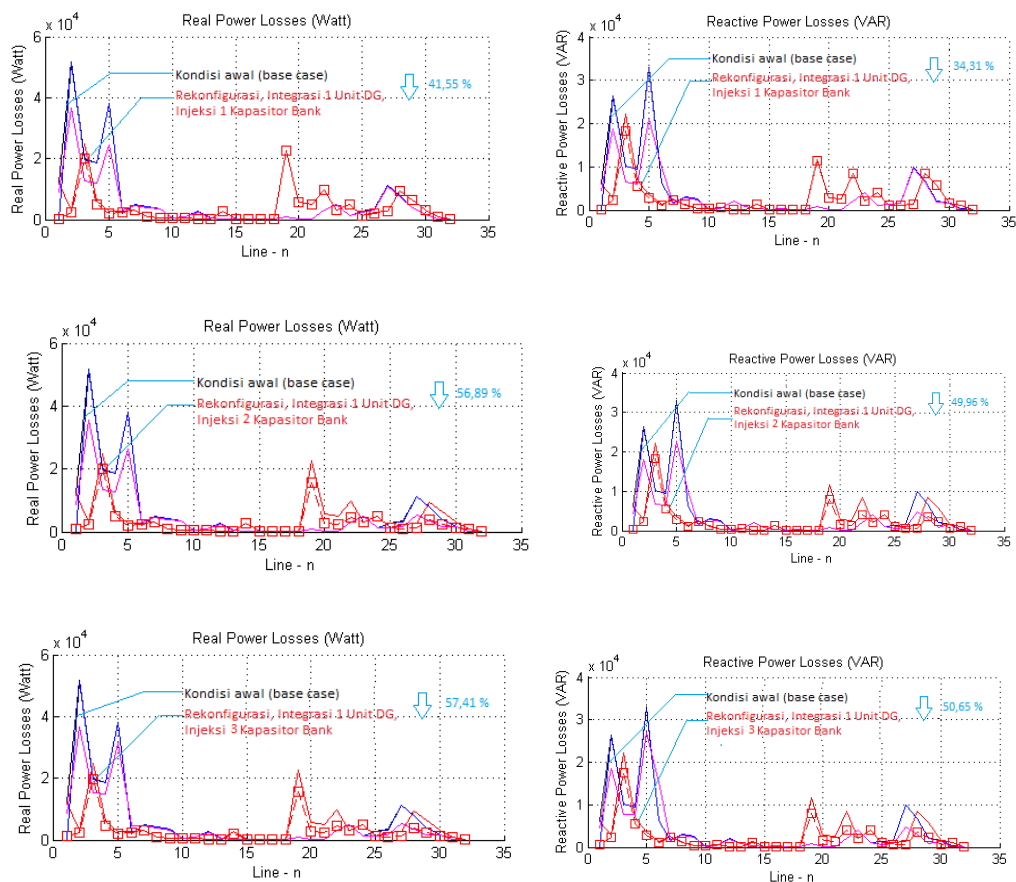
Tabel 5.16. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan;Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak, Integrasi Unit DG dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.

Integra si Unit DG	Injeksi Kapasitor Bank	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case		202699.548		135142.613		91.30718	100	18	1						
1	1	118473.8381	41.5519969	88777.0601	34.3086109	94.46244	100	1	32	4278549	3636767	2253866	2	453829.3	14
	2	87392.5406	56.88567565	67619.7617	49.9641453	96.15242	100	1	33	3728982	3169634	1964363	2	971028.7	30
	3	86339.2106	57.40532653	66697.9072	50.6462799	96.50917	100	1	33	3582175	3044849	1887028	2	275934.2	8
2	1	98331.4554	51.48906036	78225.2862	42.1164915	95.43768	100.1442	2	32	2248045	1910838	1184231	3	453829.3	14
	2	74817.89659	63.08926324	61070.516	54.810319	96.27344	100.1097	2	33	1790885	1522252	943407.3	3	971028.7	30
	3	73766.9541	63.60773627	60150.929	55.4907757	96.62997	100.1087	2	33	1794343	1525192	945228.9	3	275934.2	8
3	1	106905.8803	47.25894489	82508.5435	38.9470565	95.59097	100.2899	2	32	2274799	1933579	1198325	2	453829.3	14
	2	80250.47342	60.40915029	63783.6129	52.8027383	96.39418	100.2257	2	33	1807323	1536225	952066.6	2	971028.7	30
	3	79224.6522	60.91522997	29083.276	78.4795667	96.75048	100.2248	2	33	1810694	1539090	953842.4	2	275934.2	8

Jika ditinjau profil tegangan jaringan, rekonfigurasi jaringan, penempatan & penentuan kapasitor bank dan penempatan & penentuan unit-unit DG ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan. Selanjutnya, injeksi jumlah kapasitor bank ke jaringan RDS mempengaruhi kapasitas ukuran kapasitor bank dimana untuk kapasitor bank memiliki ukuran dan penempatan pada BUS yang sama dan berbeda. Selain itu, integrasi jumlah unit DG ke jaringan RDS juga mempengaruhi kapasitas ukuran unit DG dimana untuk Unit DG memiliki ukuran dan penempatan pada BUS yang sama dan berbeda. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dengan variasi jumlah unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat ditunjukkan pada beberapa kondisi.

## Kondisi I – Rekonfigurasi, Integrasi 1 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank

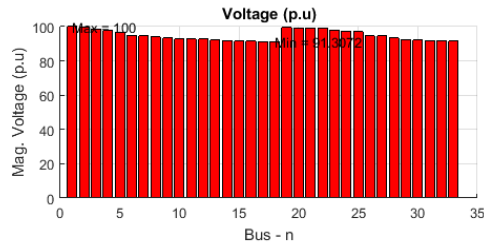
Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS melalui Fungsi Obyektif Banyak dengan 1 unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS.



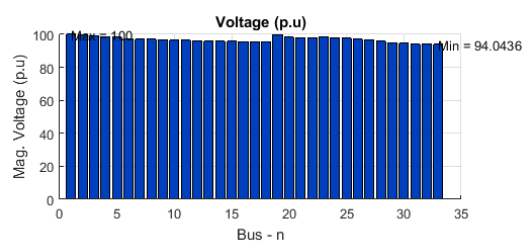
Gambar 5.79. Total Rugi-Rugi Daya Saluran Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Kondisi I meliputi rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada sistem IEEE 33 BUS dapat menurunkan total rugi-rugi daya saluran baik aktif maupun reaktif. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.79. Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa

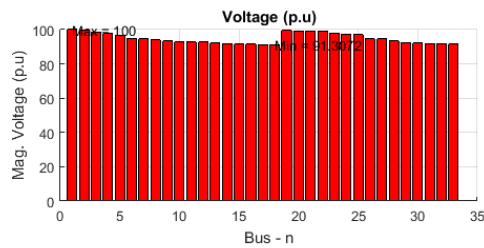
kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.80.



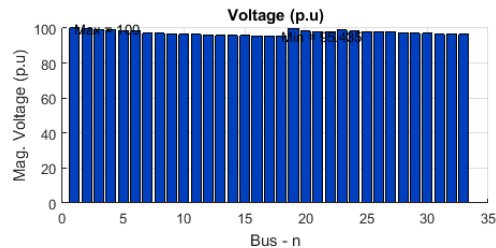
(a.) Kondisi Awal (Base case)



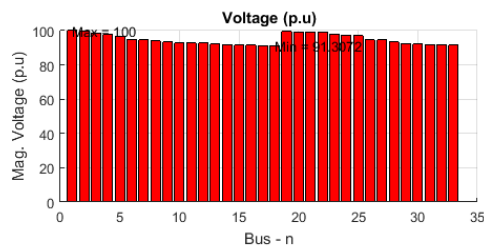
(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



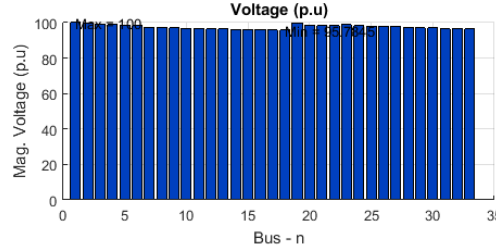
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank



(a.) Kondisi Awal (Base case)

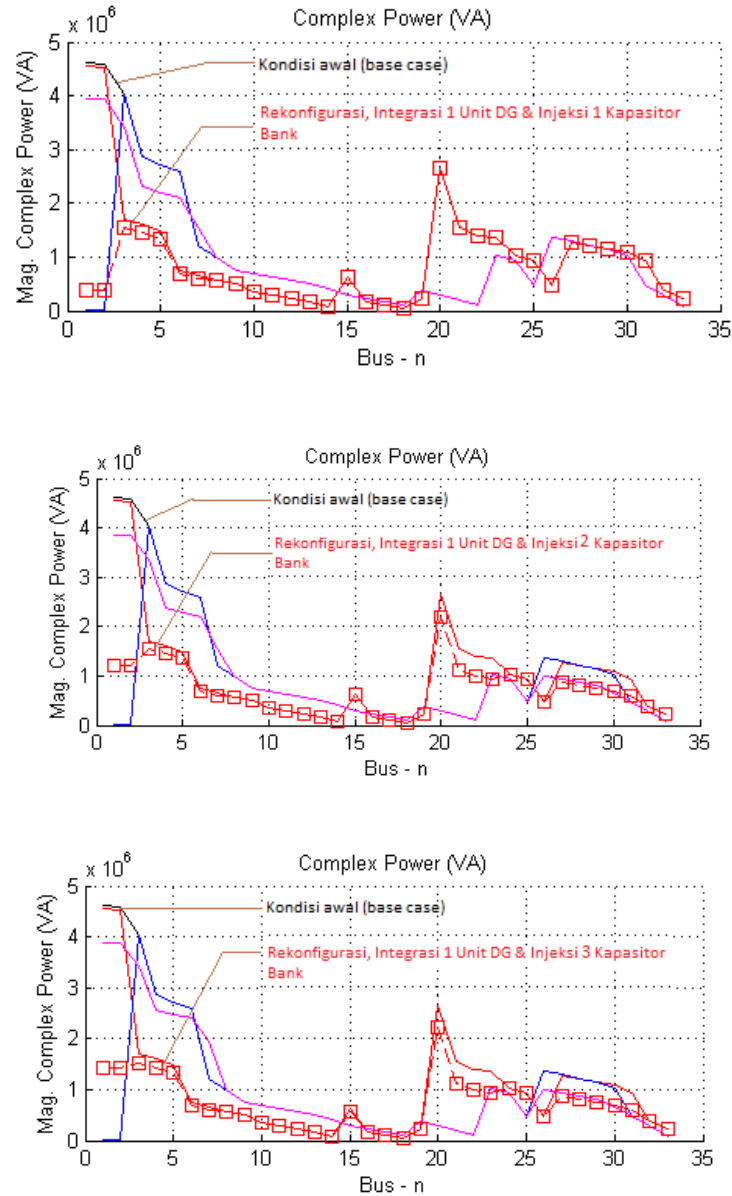


(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.80. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS menunjukkan integrasi unit DG

masih dominan dalam peningkatan profil tegangan terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan.



Gambar 5.81. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.81. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 1 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 1 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial. Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan. Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi

dan beberapa kegiatan perencanaan terkoordinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

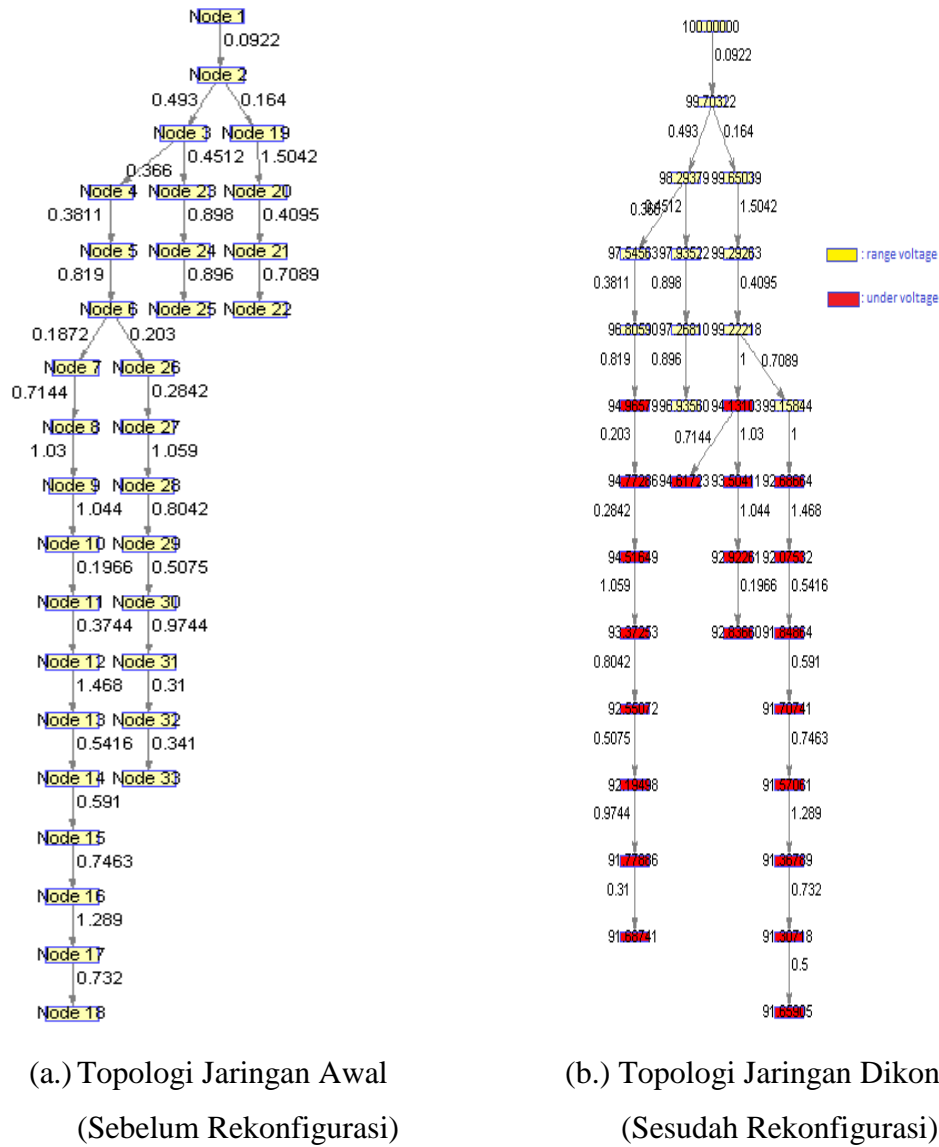
Topologi jaringan awal sebelum Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS dengan Fungsi Obyektif Banyak serta Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi. Posisi-posisi saklar telah ditetapkan untuk melakukan rekonfigurasi jaringan RDS - Sistem IEEE-33 BUS. Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan.

Topologi jaringan - I setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. Kondisi tegangan dapat berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) dan diluar tegangan yang ditetapkan (*under voltage*). Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.82.

Topologi jaringan - II setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tidak beda jauh dengan Topologi jaringan – I, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. Dimana kondisi tegangan BUS yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) mulai meningkat dibandingkan dengan tegangan BUS sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.83.

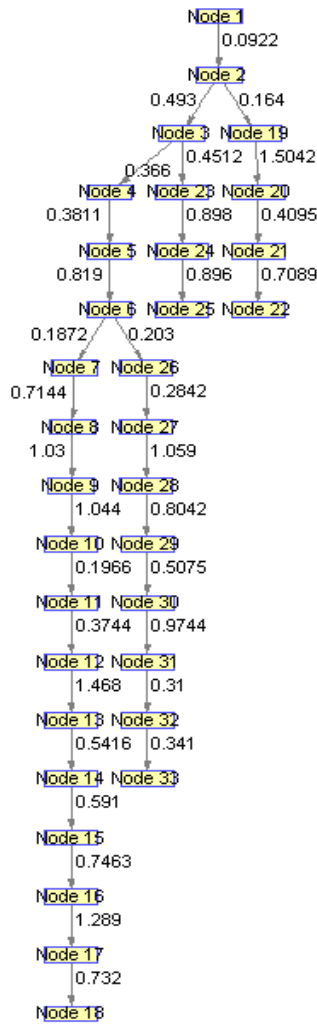
Topologi jaringan - III setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS telah mengalami perubahan yang begitu berarti. Topologi jaringan – III, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS belum berubah sesuai dengan kondisi tegangan yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*). Kondisi tegangan pada ujung-ujung penyulang masih pada diluar

tegangan yang ditetapkan (*under voltage*). Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.84.

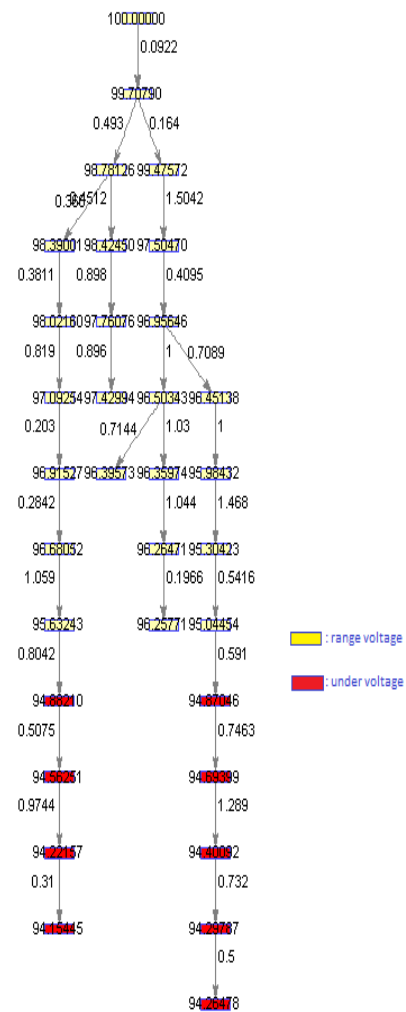


Gambar 5.82. Topologi jaringan - I Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.





(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

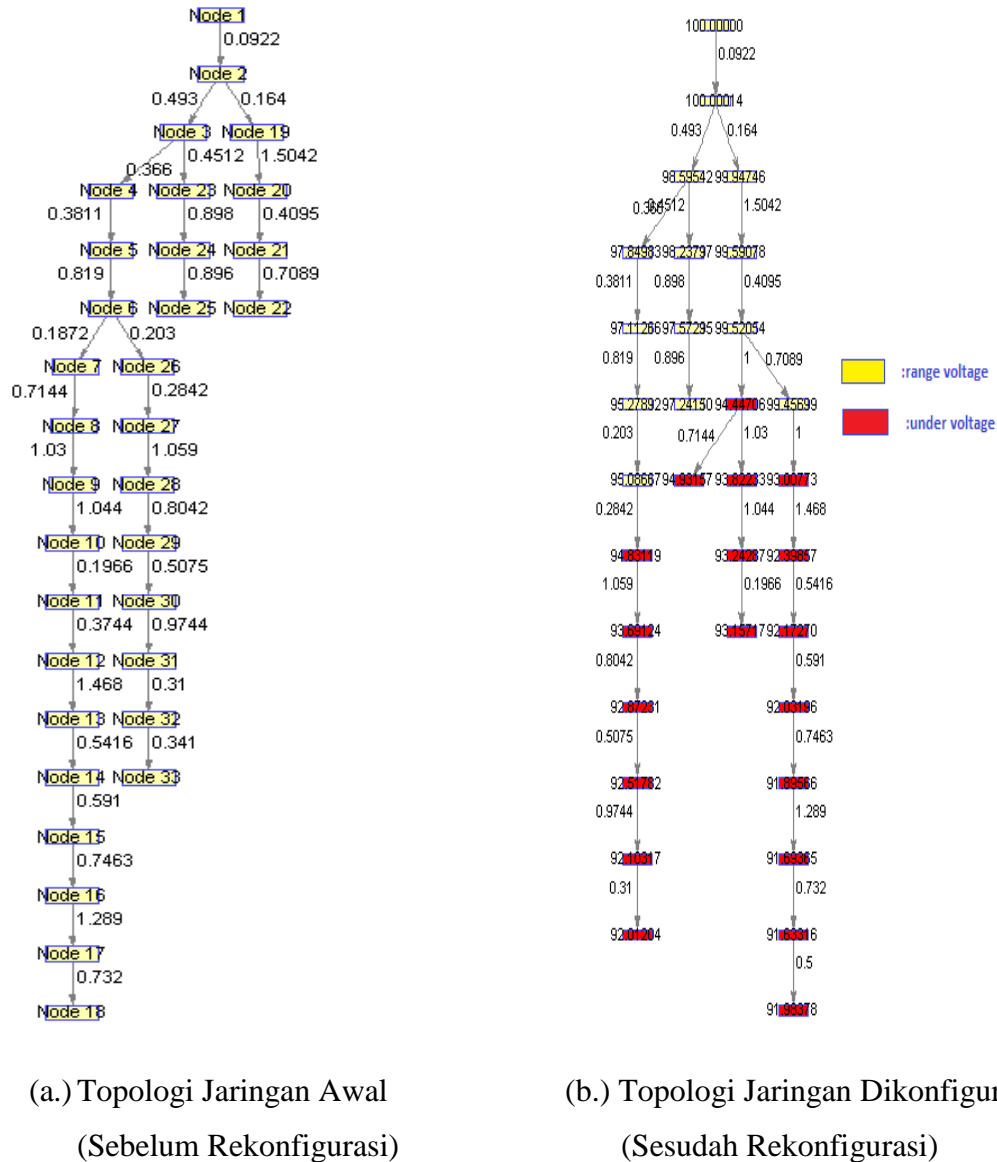


(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

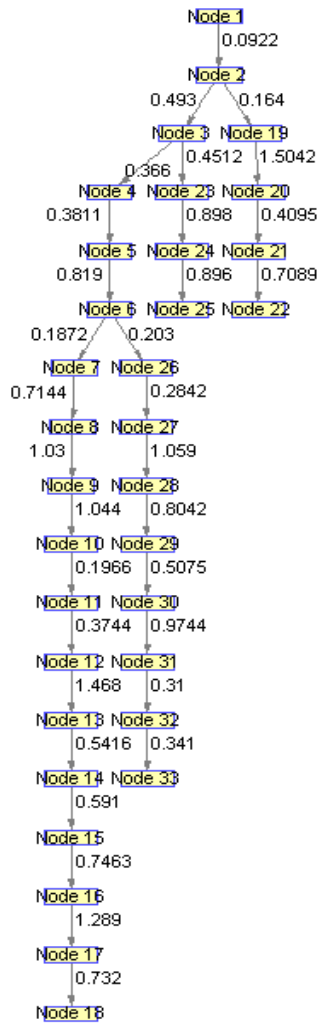
Gambar 5.83. Topologi Jaringan - II Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Topologi jaringan - IV setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tidak beda jauh dengan Topologi jaringan – III, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan.

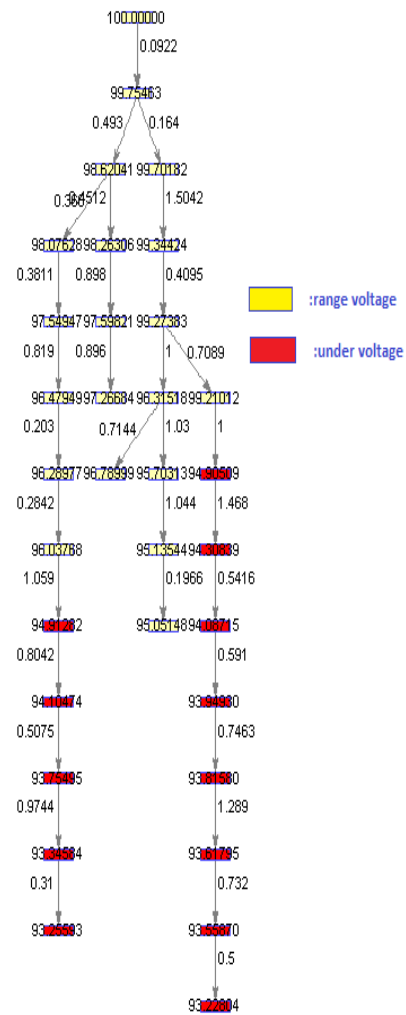
Dimana kondisi tegangan BUS yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) telah terjadi peningkatan dibandingkan dengan tegangan BUS sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.85.



Gambar 5.84. Topologi Jaringan - III Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.



(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

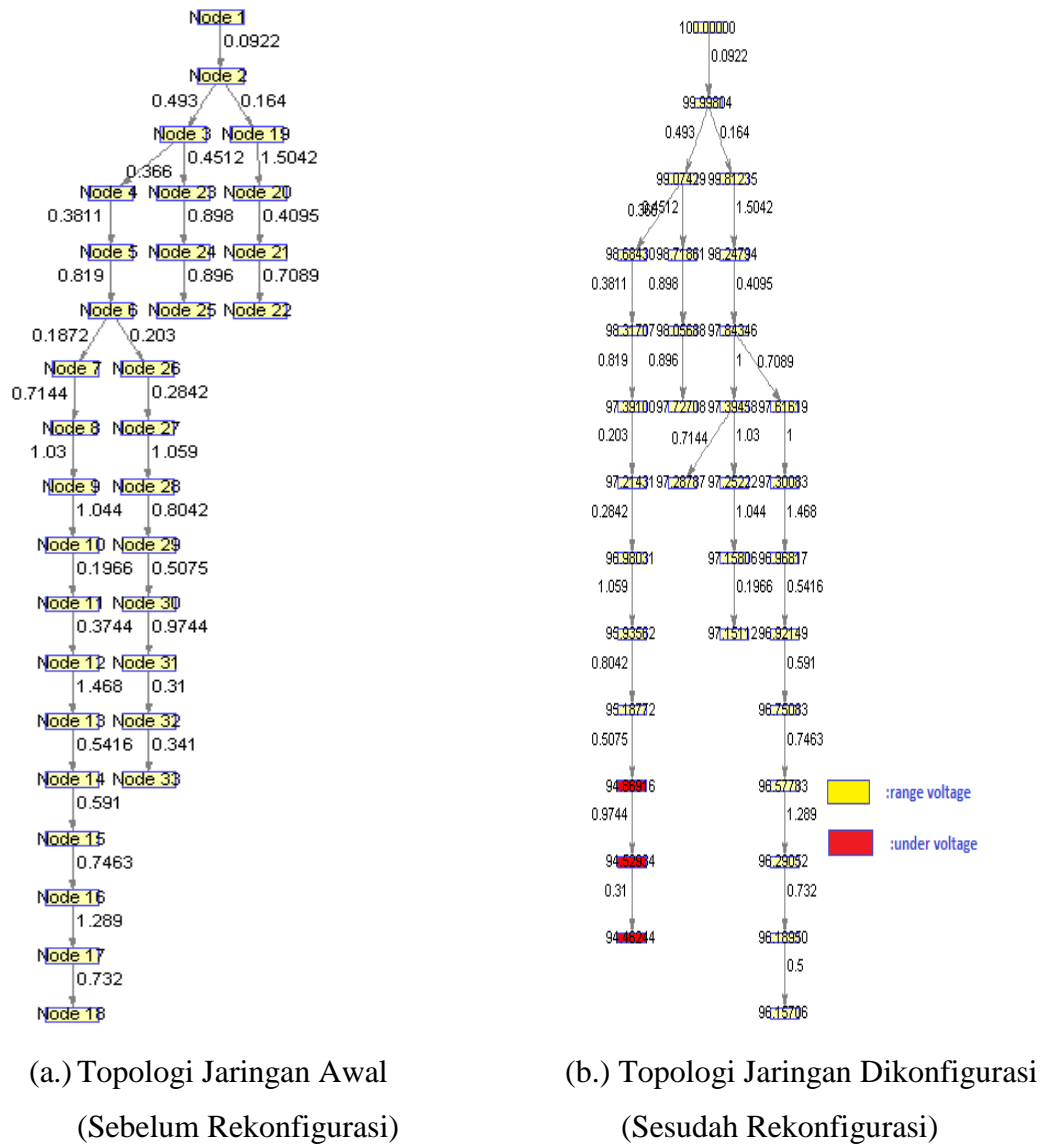


(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.85. Topologi Jaringan - IV Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Akhirnya, Topologi jaringan - V setelah Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS telah mengalami perubahan yang berarti pada kegiatan perencanaan jaringan. Topologi jaringan – V, seluruh tegangan-tegangan pada masing-masing BUS belum semuanya berubah

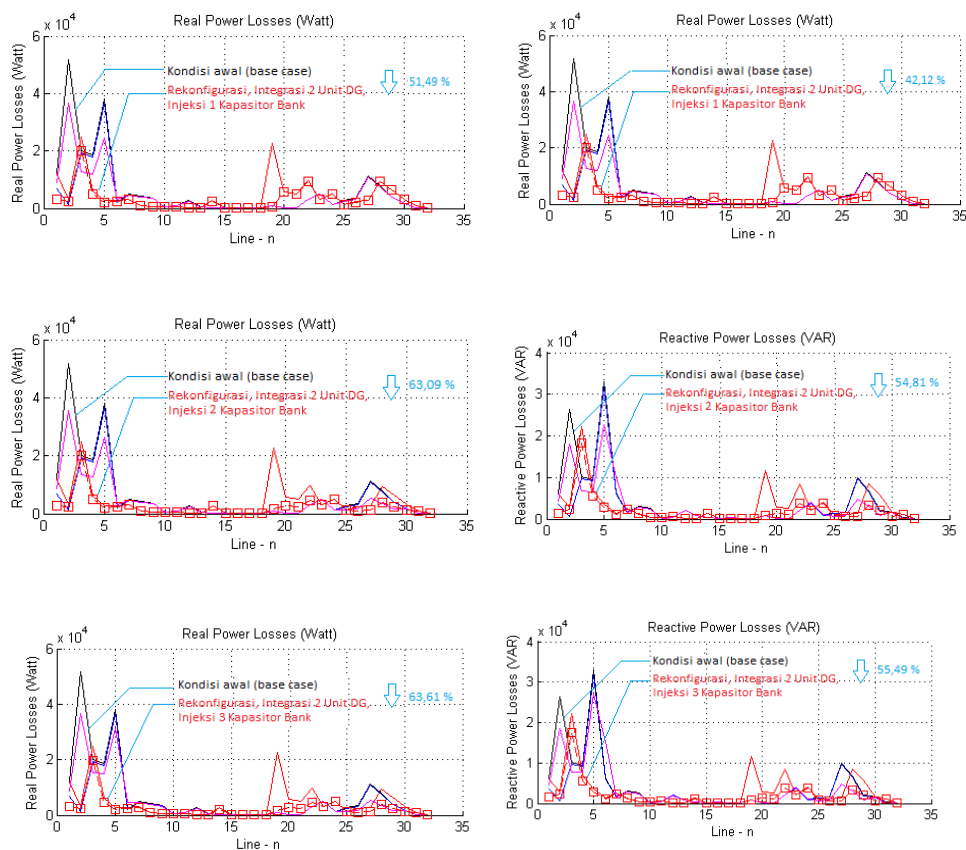
sesuai dengan kondisi tegangan yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage* ) . Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.86.



Gambar 5.86. Topologi Jaringan - V Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

## Kondisi II – Rekonfigurasi, Integrasi 2 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank

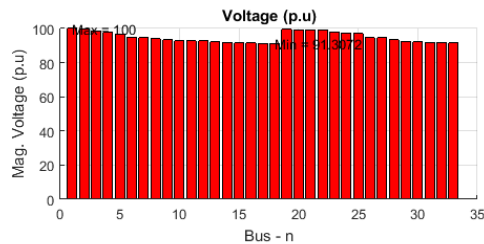
Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS melalui Fungsi Obyektif Banyak dengan 2 unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS.



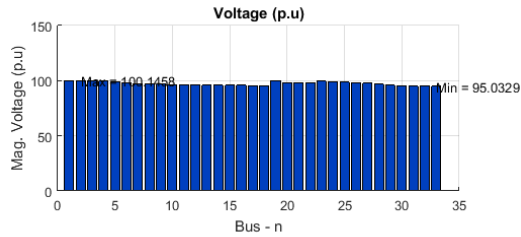
Gambar 5.87. Total Rugi-Rugi Daya Saluran - Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Kondisi II meliputi rekonfigurasi, integrasi 2 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada sistem IEEE 33 BUS dapat melakukan

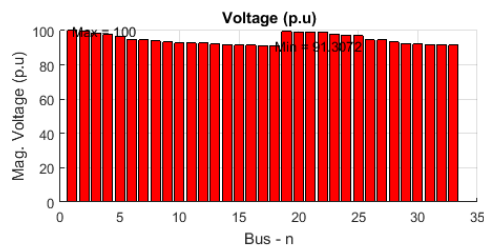
penurunan total rugi-rugi daya saluran baik aktif maupun reaktif. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.87. Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 2 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.88.



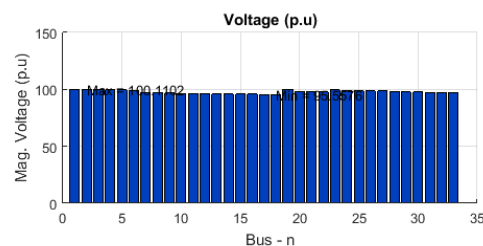
(a.) Kondisi Awal (Base case)



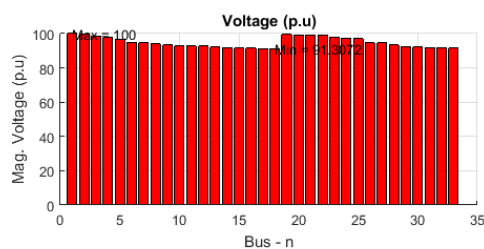
(b.) Integrasi 2 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



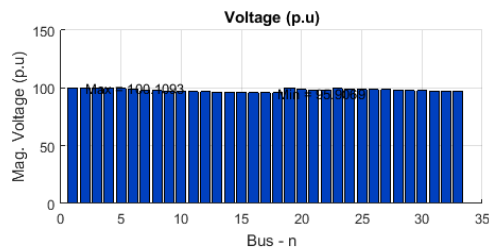
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank



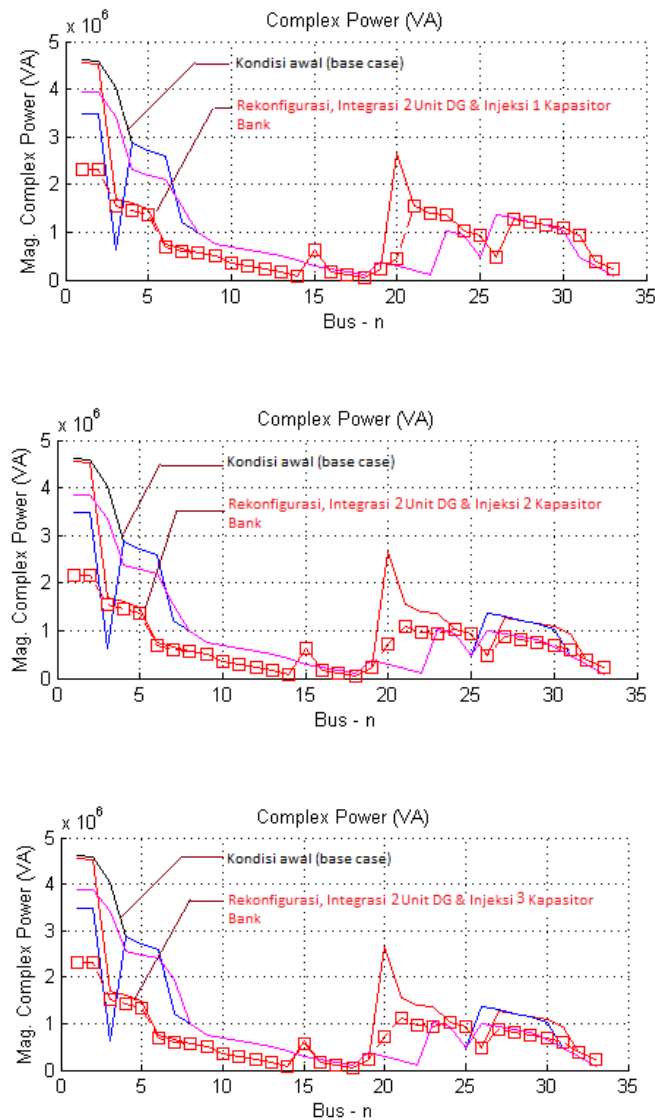
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.88. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 2 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS menunjukkan integrasi unit DG masih dominan dalam peningkatan profil tegangan terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan.



Gambar 5.89. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – integrasi 2 Unit DG & Injeksi

Kapasitor Bank secara bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.89. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 2 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

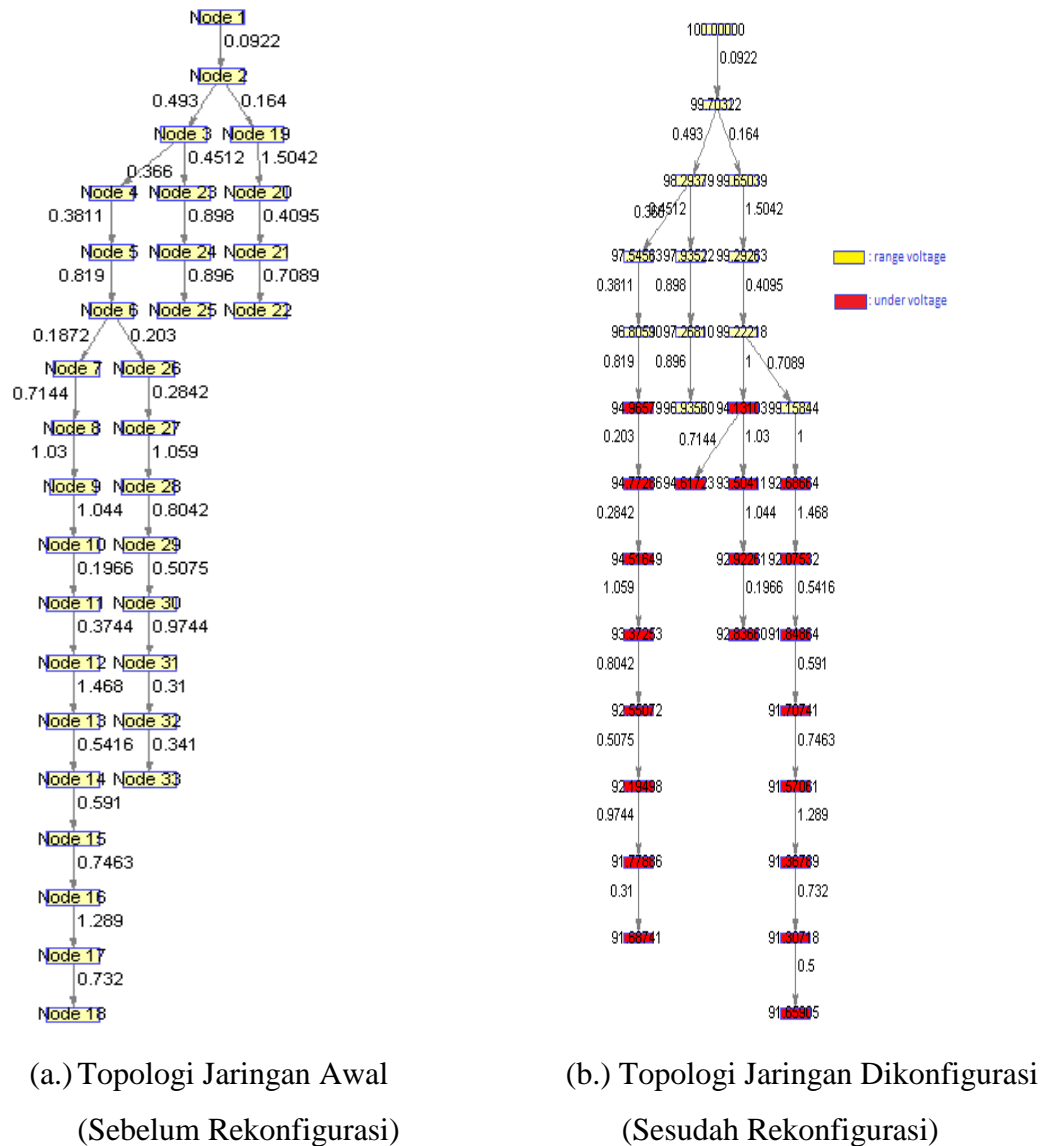
Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 2 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 2 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara bervariasi memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial. Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan. Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi dan beberapa kegiatan perencanaan terkoordinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

Topologi jaringan awal sebelum Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan

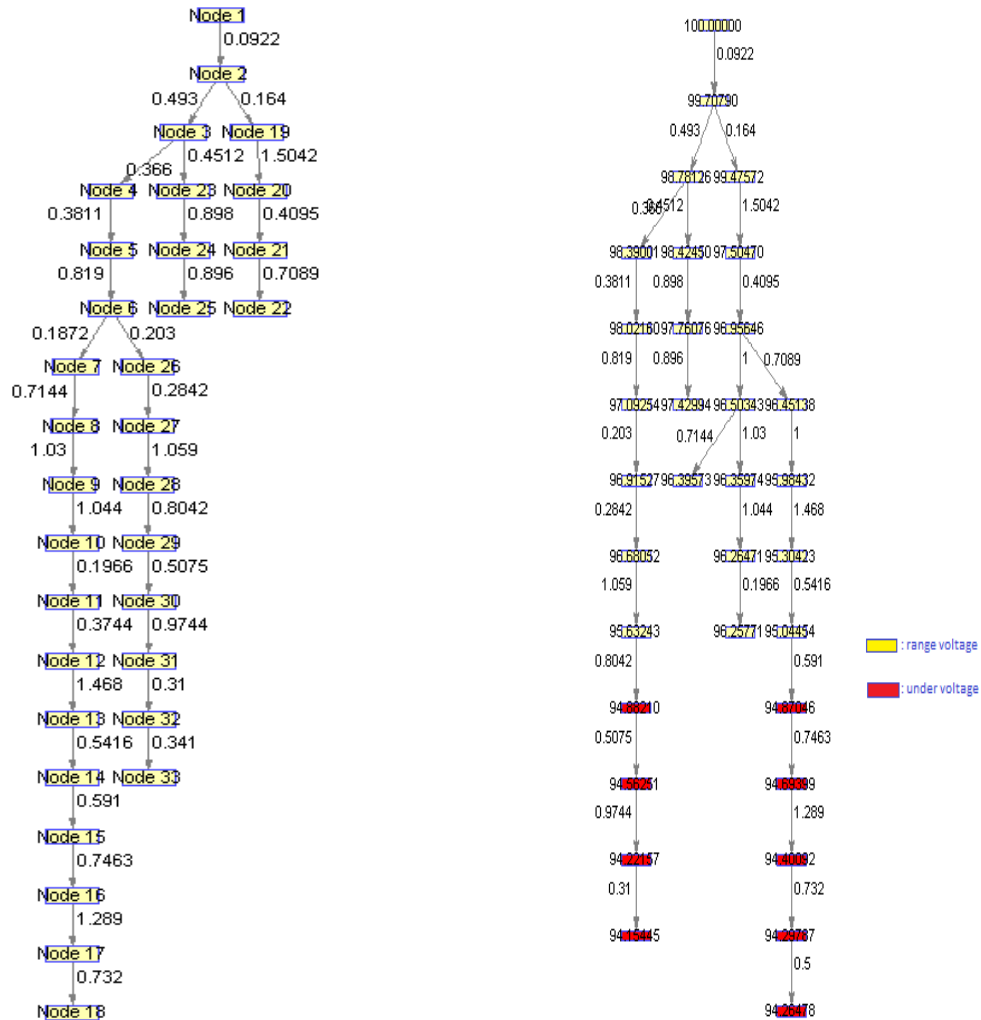


Unit DG Sistem IEEE-33 BUS dengan Fungsi Obyektif Banyak serta Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi telah ditetapkan saklar-saklar.



Gambar 5.90. Topologi Jaringan - I Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Posisi saklar-saklar telah digunakan untuk melakukan rekonfigurasi jaringan RDS-Sistem IEEE-33 BUS. Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan.

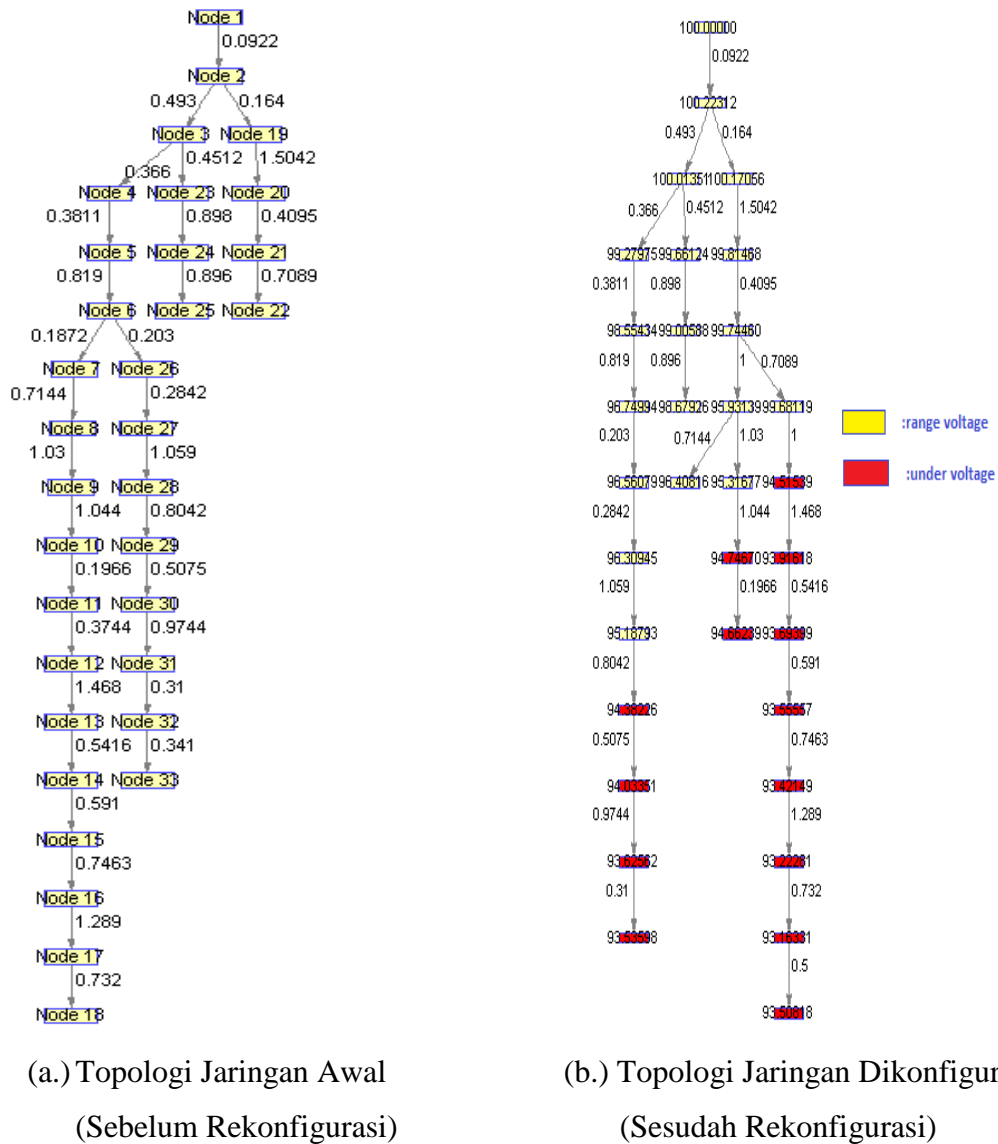


(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

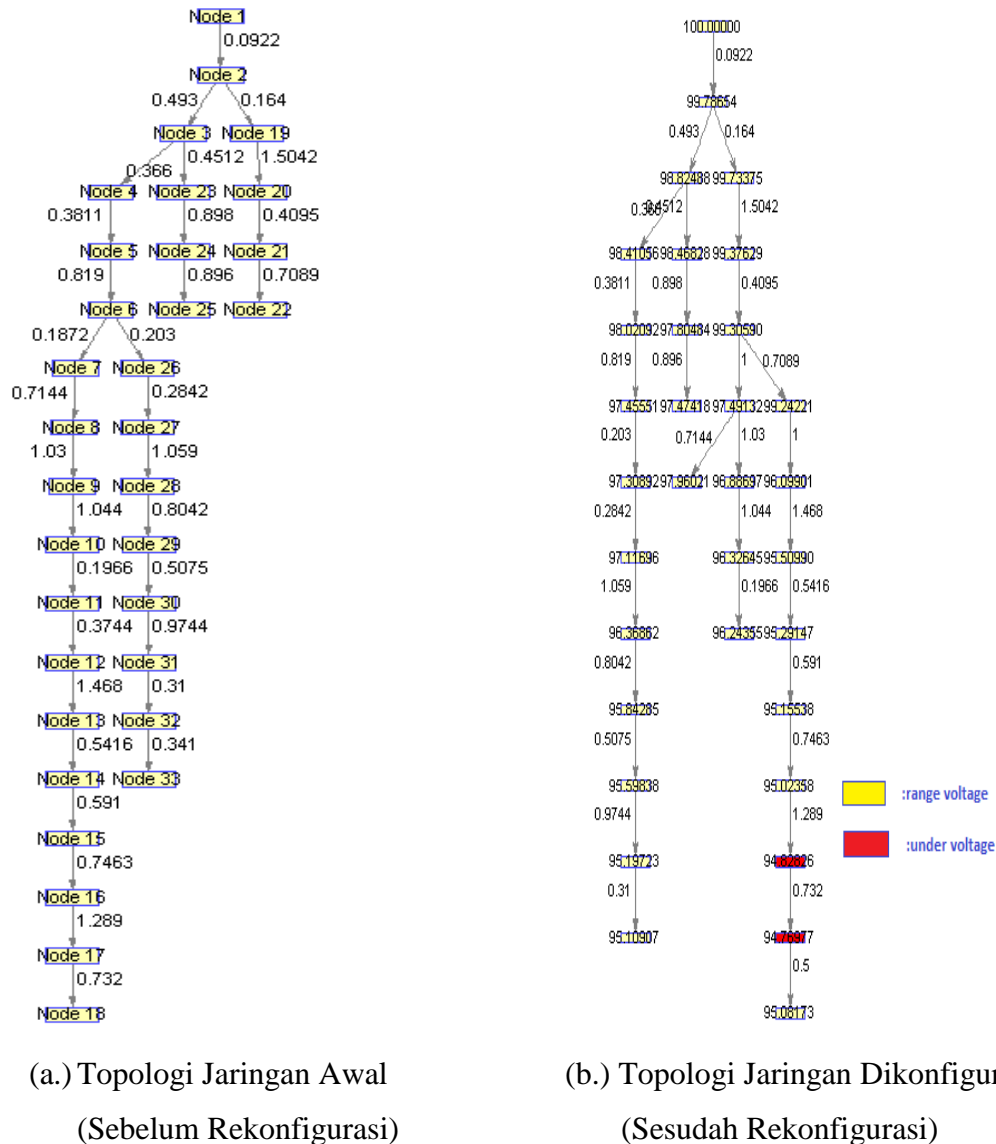
Gambar 5.91. Topologi Jaringan - II Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Topologi jaringan - I setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan.



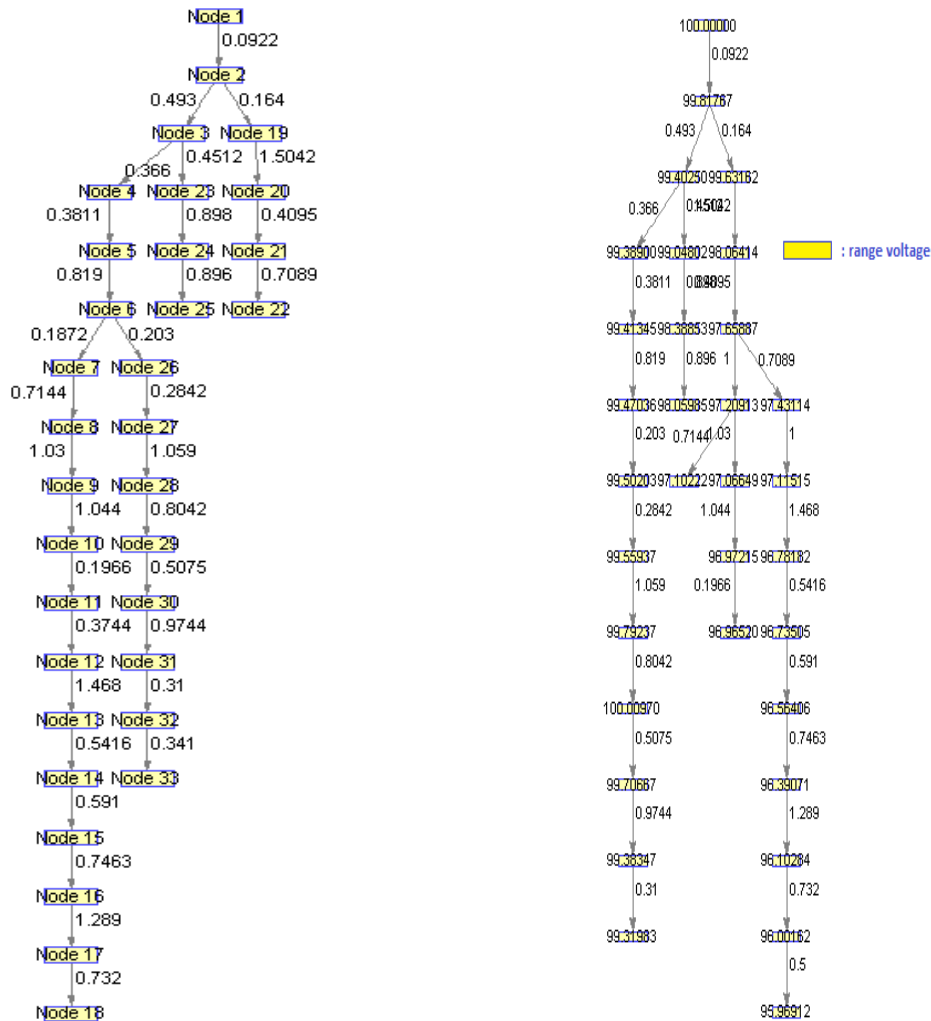
Gambar 5.92. Topologi Jaringan - III Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Kondisi tegangan dapat berada pada tegangan yang ditetapkan (*range voltage*) dan diluar tegangan yang ditetapkan (*under voltage*). Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.90.



Gambar 5.93. Topologi Jaringan - IV Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Topologi jaringan - II setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS.



(a.) Topologi Jaringan Awal  
(Sebelum Rekonfigurasi)

(b.) Topologi Jaringan Dikonfigurasi  
(Sesudah Rekonfigurasi)

Gambar 5.94. Topologi Jaringan - V Setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Tidak beda jauh dengan Topologi jaringan – I, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. Dimana kondisi tegangan BUS yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) mulai meningkat dibandingkan dengan tegangan BUS sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.91.

Topologi jaringan - III setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS telah mengalami perubahan yang begitu berarti. Topologi jaringan – III, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*). Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.92.

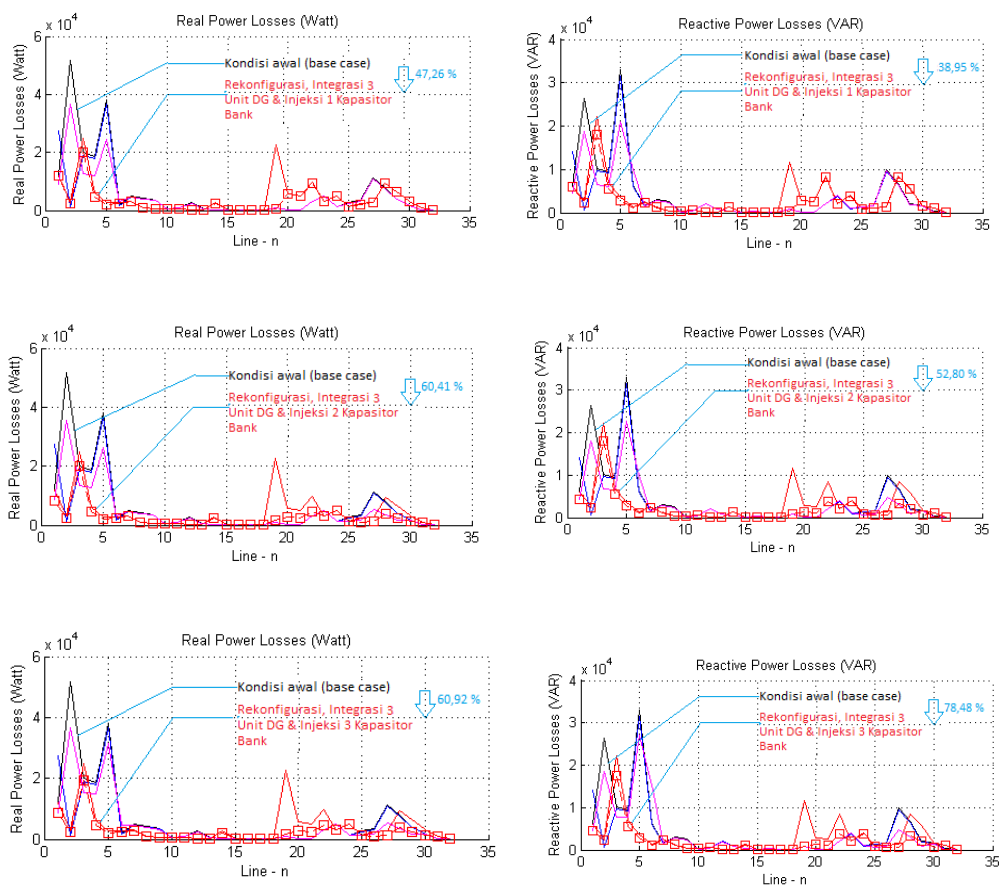
Topologi jaringan - IV setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tidak beda jauh dengan Topologi jaringan – II, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. Dimana kondisi tegangan BUS yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) telah terjadi peningkatan dibandingkan dengan tegangan BUS sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.93.

Akhirnya, Topologi jaringan - V setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS telah mengalami perubahan yang penting pada kegiatan perencanaan jaringan. Topologi jaringan – V, seluruh tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*). Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.94.

Topologi jaringan sebelum dan sesudah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS dengan Fungsi Obyektif Banyak serta Integrasi 2 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi telah memiliki kemiripan dengan Kondisi I Rekonfigurasi, Integrasi 1 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank sebelumnya.

### Kondisi III – Rekonfigurasi, Integrasi 3 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS melalui Fungsi Obyektif Banyak dengan 3 unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS.



Gambar 5.95. Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak– Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Kondisi III meliputi rekonfigurasi, integrasi 3 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada sistem IEEE 33 BUS dapat melakukan penurunan total rugi-rugi daya saluran baik aktif maupun reaktif secara menurun dibandingkan kondisi sebelumnya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.95.

Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS meningkatkan profil tegangan baik khususnya tegangan minimum naik secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.96.

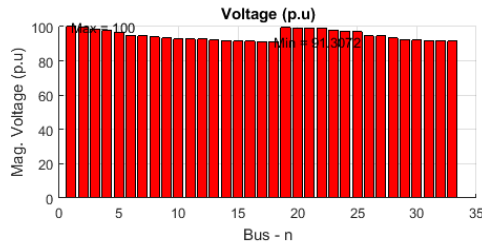
Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke sistem IEEE 33 BUS menunjukkan integrasi unit DG masih dominan dalam peningkatan profil tegangan terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan .

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.97. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 3 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

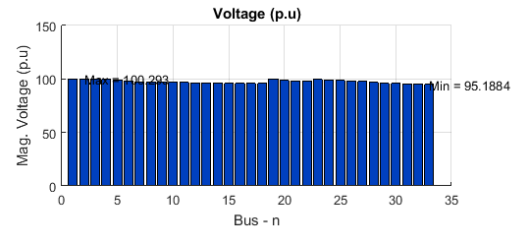
Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 3 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing BUS. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara bervariasi



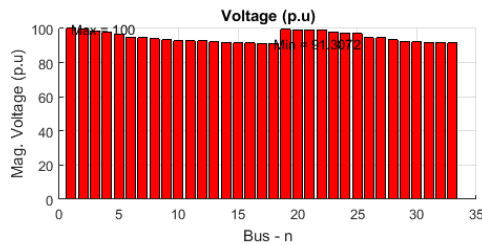
memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.



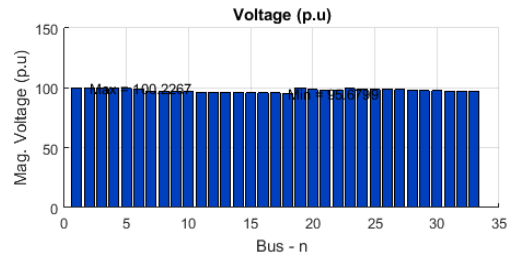
(a.) Kondisi Awal (Base case)



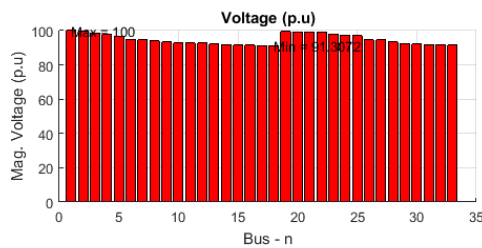
(b.) Integrasi 3 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



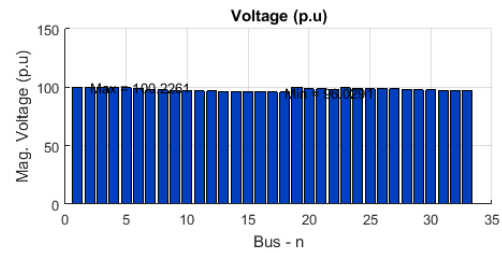
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 3 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank

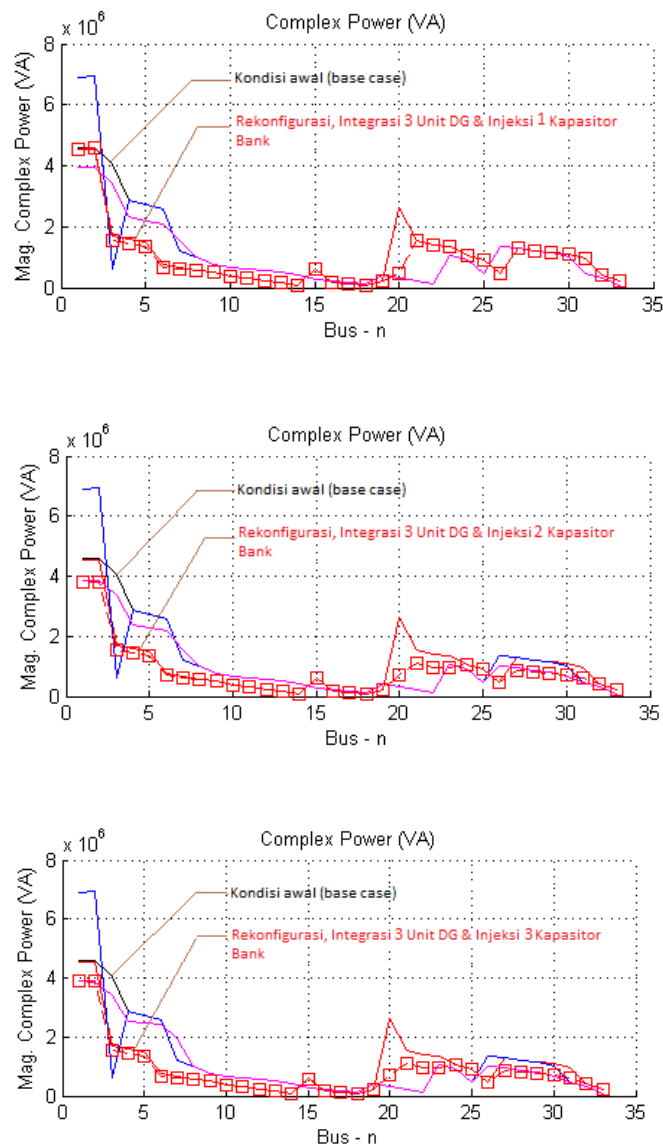


(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 3 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.96. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.



Gambar 5.97. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial. Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan. Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal

menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi dan beberapa kegiatan perencanaan terkoordinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

Topologi jaringan sebelum dan sesudah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Sistem IEEE-33 BUS dengan Fungsi Obyektif Tunggal serta Integrasi 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi telah memiliki kemiripan dengan Kondisi II Rekonfigurasi, Integrasi 3 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank.

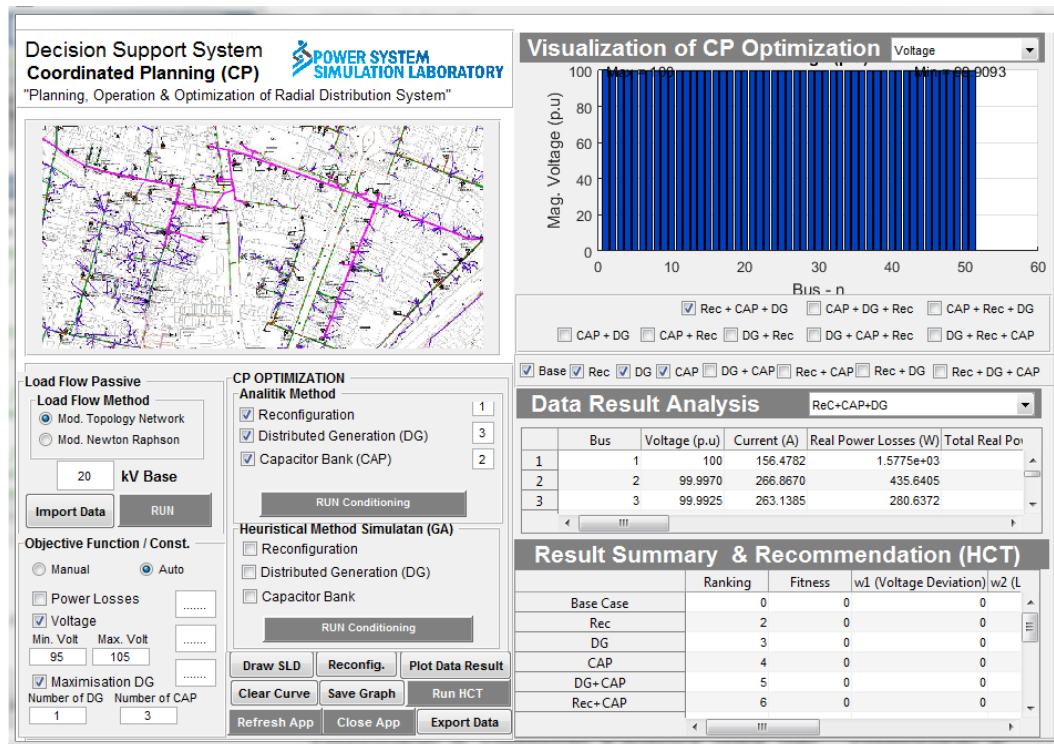
#### **5.5.2 Advanced OPF-CP Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)**

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah melakukan penyelesaian advanced OPF – CP Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS. Penyelesaian advanced OPF-CP tersebut dilakukan dengan optimasi tujuan tunggal (*single objective optimization*) dan optimasi tujuan banyak (*multi objective optimization*). Selain itu, penyelesaian advanced OPF-CP tersebut juga dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah kapasitor bank dan unit-unit DG yang diintegrasikan ke jaringan.

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Optimasi Tujuan Tunggal

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP-

Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS. Visualisasi simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal ditunjukkan pada Gambar 5.98.



Gambar 5.98. Visualisasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal.

Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS melakukan simulasi dalam lima tahap, meliputi 1) Kondisi awal (base case); 2) Rekonfigurasi jaringan; 3) Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank; 4) Penempatan & Penentuan Unit DG; dan 5) Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG secara bersamaan. Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor

Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif tunggal dan injeksi varian jumlah kapasitor bank dan integrasi unit DG ditunjukkan pada Lampiran 23.

Analisis hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.17. Injeksi beberapa unit kapasitor bank dan integrasi unit DG mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika rekonfigurasi jaringan diterapkan, beberapa unit DG diintegrasikan dan beberapa kapasitor bank diinjeksikan ke jaringan maka nilai total rugi-rugi daya aktif dan nilai total rugi-rugi daya reaktif samasama mengalami penurunan sebesar 77,83 % sampai dengan 85,77 %. Penambahan jumlah unit DG yang diintegrasikan dan jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan RDS telah mempengaruhi total rugi-rugi daya saluran yang optimum. Kondisi total rugi-rugi daya saluran maksimum diperoleh penurunan total rugi-rugi daya ketika jaringan RDS diintegrasikan 3 unit DG dan diinjeksikan 1 kapasitor bank. Begitu sebaliknya, kondisi total rugi-rugi daya saluran minimum diperoleh penurunan total rugi-rugi daya ketika jaringan RDS diintegrasikan 1 unit DG dan diinjeksikan 3 kapasitor bank.

Tabel 5.17. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan;Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal, Integrasi Unit DG dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.

Integra si Unit DG	Injeksi Kapasitor Bank	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case		25413.67608		12707.3762		99.68501	100	33	1						
1	1	4978.307275	80.41091238	2489.24425	80.4110289	99.94588	100	1	33	5549749	4717287	2923512	10	3869710	11
	2	5240.730859	79.37830465	2620.4493	79.3785179	99.95415	100	1	33	5202596	4422207	2740638	10	1888669	24
	3	5633.22861	77.83386948	2816.69248	77.834193	99.95131	100	1	33	4517606	3839965	2379797	13	613603.2	11
2	1	3629.640545	85.71776656	1814.89662	85.7177706	99.98312	100.0156	10	43	3115426	2648112	1641152	26	3869710	11
	2	4398.924446	82.69071963	2199.53692	82.6908648	99.97759	100.0101	10	43	2461252	2092064	1296545	26	1888669	24
	3	5253.972974	79.32619839	2627.04022	79.3266511	99.98437	100.0134	2	43	2735568	2325233	1441050	15	613603.2	11
3	1	3616.52087	85.76939102	1808.33707	85.7693906	99.98546	100.0179	10	43	338947.9	288105.7	178551.9	24	3869710	11
	2	4339.172674	82.92583623	2169.66075	82.9259737	99.98234	100.0148	10	43	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
	3	4658.207961	81.67046772	2329.17443	81.6706896	99.98945	100.0129	13	44	439921.3	373933.1	231742.9	22	613603.2	11

Jika ditinjau profil tegangan jaringan, rekonfigurasi jaringan, penempatan & penentuan kapasitor bank dan penempatan & penentuan unit-unit DG ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan. Selanjutnya, injeksi jumlah kapasitor bank ke jaringan RDS mempengaruhi kapasitas ukuran kapasitor bank dimana untuk kapasitor bank memiliki ukuran dan penempatan pada BUS yang sama dan berbeda. Selain itu, integrasi jumlah unit DG ke jaringan RDS juga mempengaruhi kapasitas ukuran unit DG dimana untuk Unit DG memiliki ukuran dan penempatan pada BUS yang sama dan berbeda.

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal dengan variasi jumlah unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat ditunjukkan pada beberapa kondisi.

Kondisi I – Rekonfigurasi, Integrasi 1 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank
--

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS melalui Fungsi Obyektif Tunggal dengan 1 unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS.

Kondisi I meliputi rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dapat menurunkan nilai total rugi-rugi daya saluran yang sama baik aktif maupun reaktif. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.99.

Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.100.

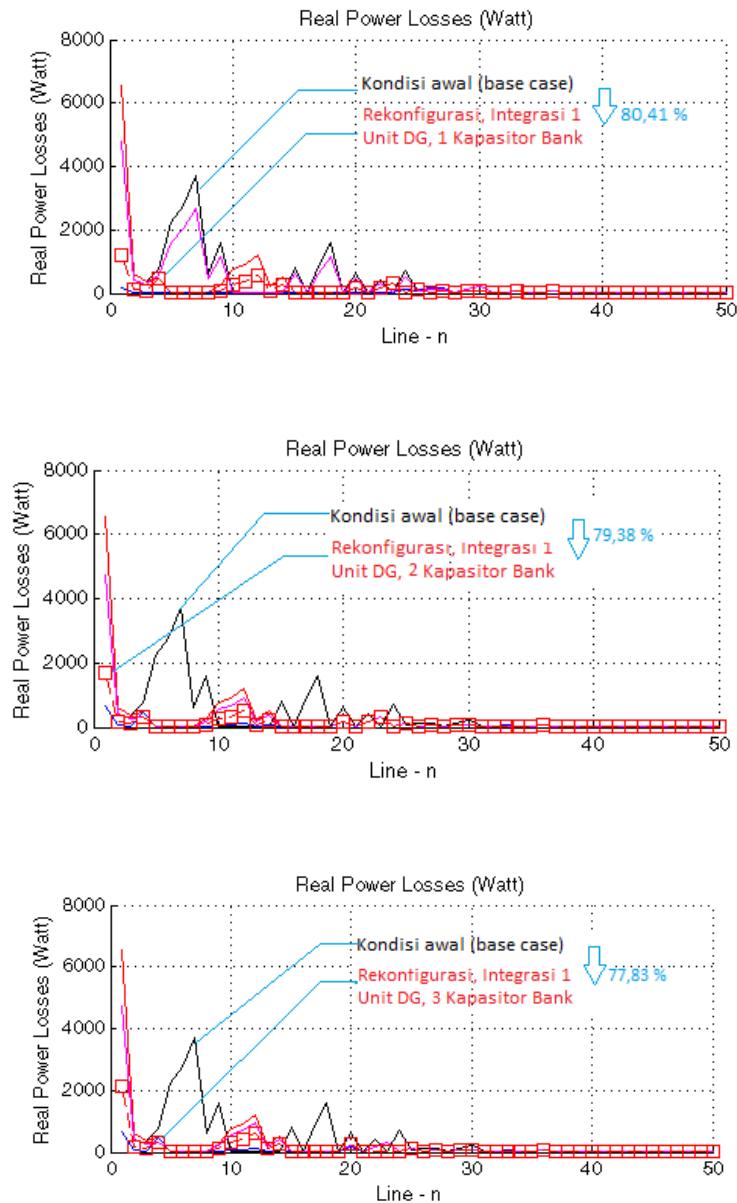
Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS menunjukkan integrasi unit DG masih dominan dalam peningkatan profil tegangan terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.101. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 1 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 1 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

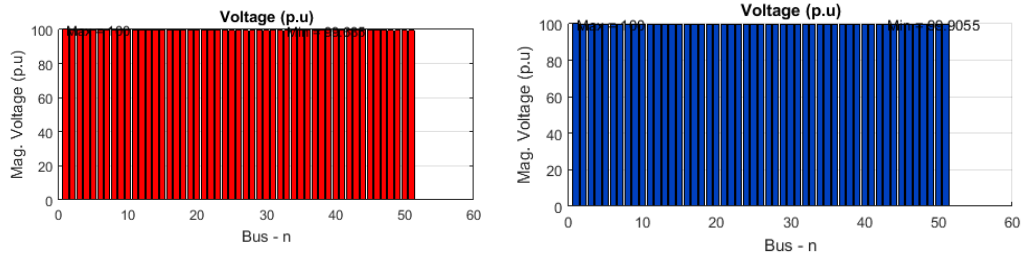
Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial. Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang

ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan.



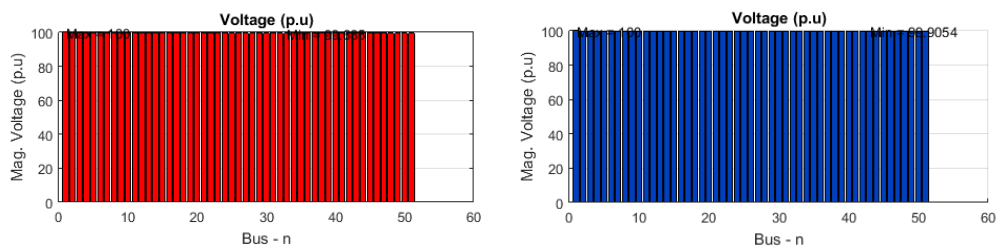
Gambar 5.99. Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit- Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.





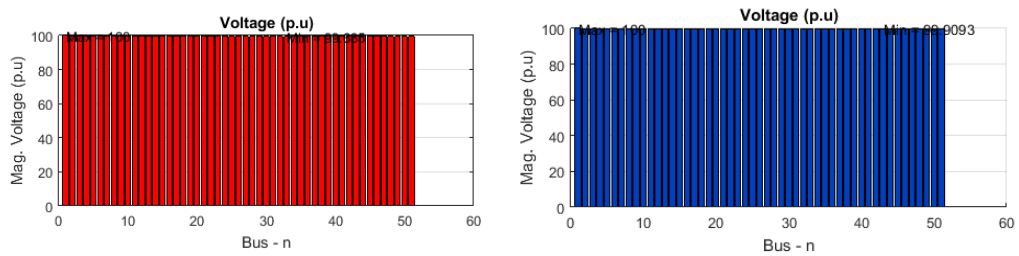
(a.) Kondisi Awal (Base case)

(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



(a.) Kondisi Awal (Base case)

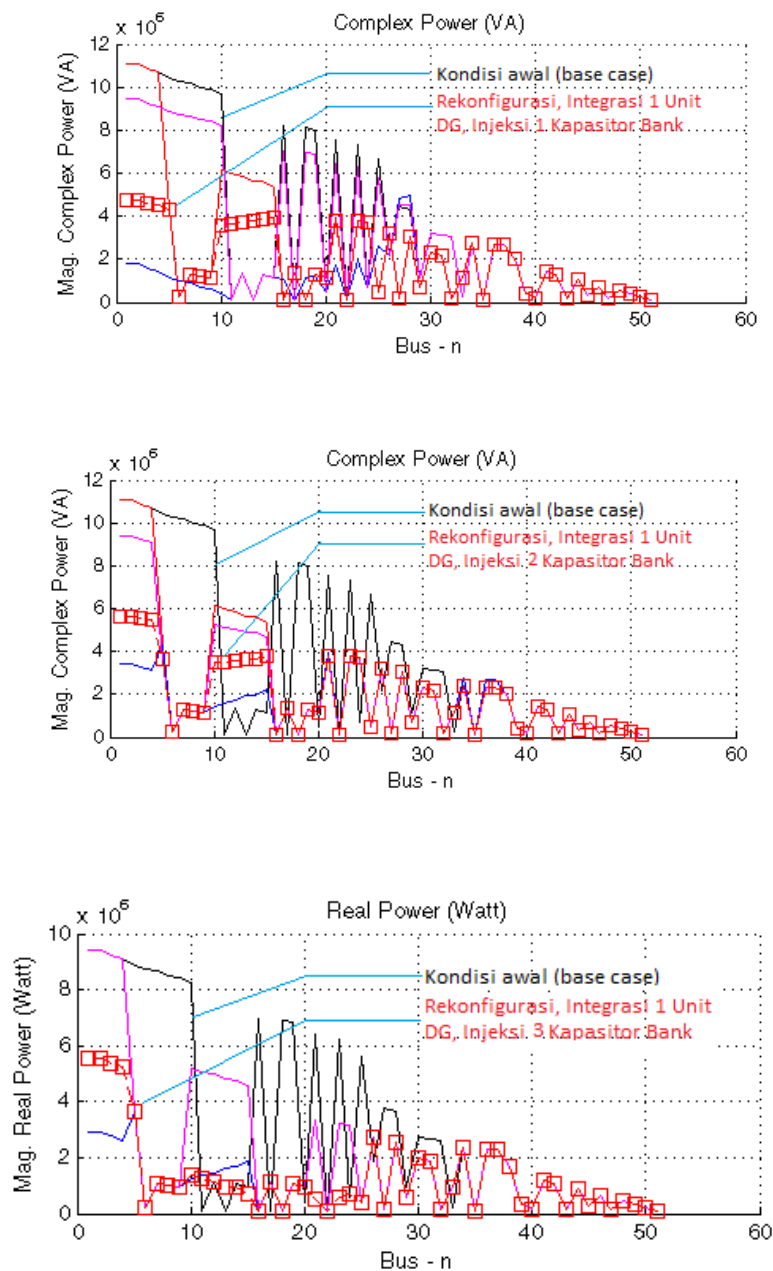
(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank



(a.) Kondisi Awal (Base case)

(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.100. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.



Gambar 5.101. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan

belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi dan beberapa kegiatan perencanaan terkoodinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

Topologi jaringan awal sebelum Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dengan Fungsi Obyektif Tunggal serta Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi telah ditempatkan beberapa saklar. Posisi-posisi saklar telah ditetapkan untuk melakukan rekonfigurasi jaringan RDS- enyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS. Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan.

Topologi jaringan - I setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. Kondisi tegangan dapat berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*).

Topologi jaringan - II setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tidak beda jauh dengan Topologi jaringan – I, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. Dimana kondisi tegangan BUS yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) mulai meningkat dibandingkan dengan tegangan BUS sebelumnya.

Topologi jaringan - III setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS telah mengalami perubahan yang begitu berarti. Topologi jaringan – III, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) .

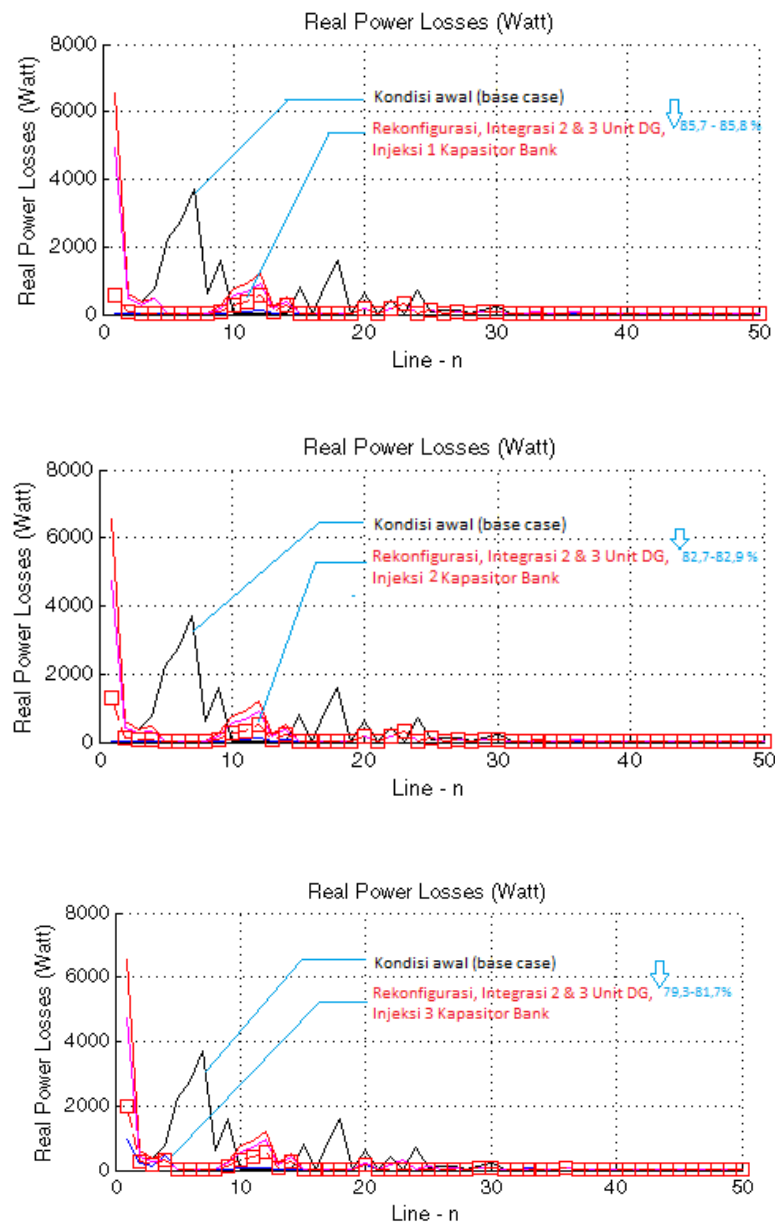
Topologi jaringan - IV setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG menyebabkan beberapa perubahan topologi jaringan dan profil tegangan pada masing-masing BUS. Tidak beda jauh dengan Topologi jaringan – III, tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan. Dimana kondisi tegangan BUS yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*) telah terjadi peningkatan dibandingkan dengan tegangan BUS sebelumnya.

Akhirnya, Topologi jaringan - V setelah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS telah mengalami perubahan yang penting pada kegiatan perencanaan jaringan. Topologi jaringan – V, seluruh tegangan-tegangan pada masing-masing BUS telah berubah sesuai dengan kondisi tegangan yang berada pada tegangan yang ditetapkan ( *range voltage*).

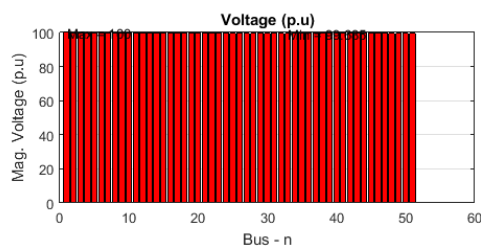
Kondisi II – Rekonfigurasi, Integrasi 2 & 3 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank
---

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS melalui Fungsi Obyektif Tunggal dengan 2 & 3 unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS.

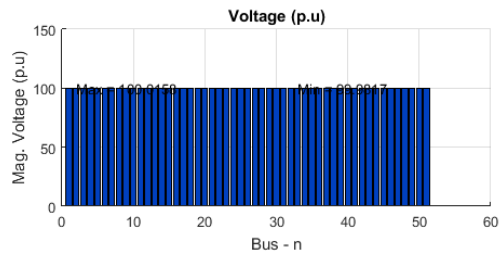
Kondisi II meliputi rekonfigurasi, integrasi 2 & 3 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dapat menurunkan nilai total rugi-rugi daya saluran yang sama baik aktif maupun reaktif. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.102. Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.103.



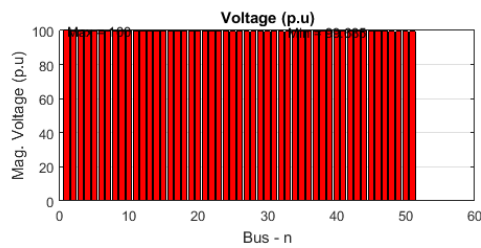
Gambar 5.102. Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.



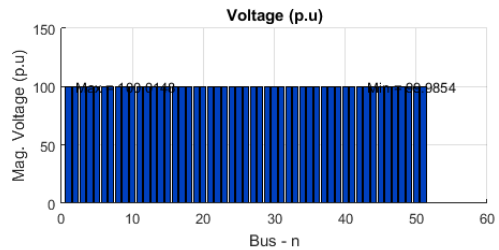
(a.) Kondisi Awal (Base case)



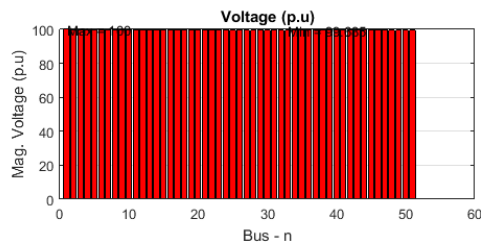
(b.) Integrasi 2&3 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



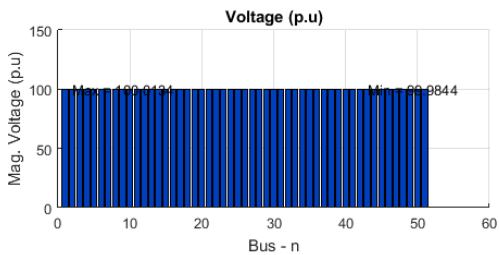
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2&3 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank



(a.) Kondisi Awal (Base case)

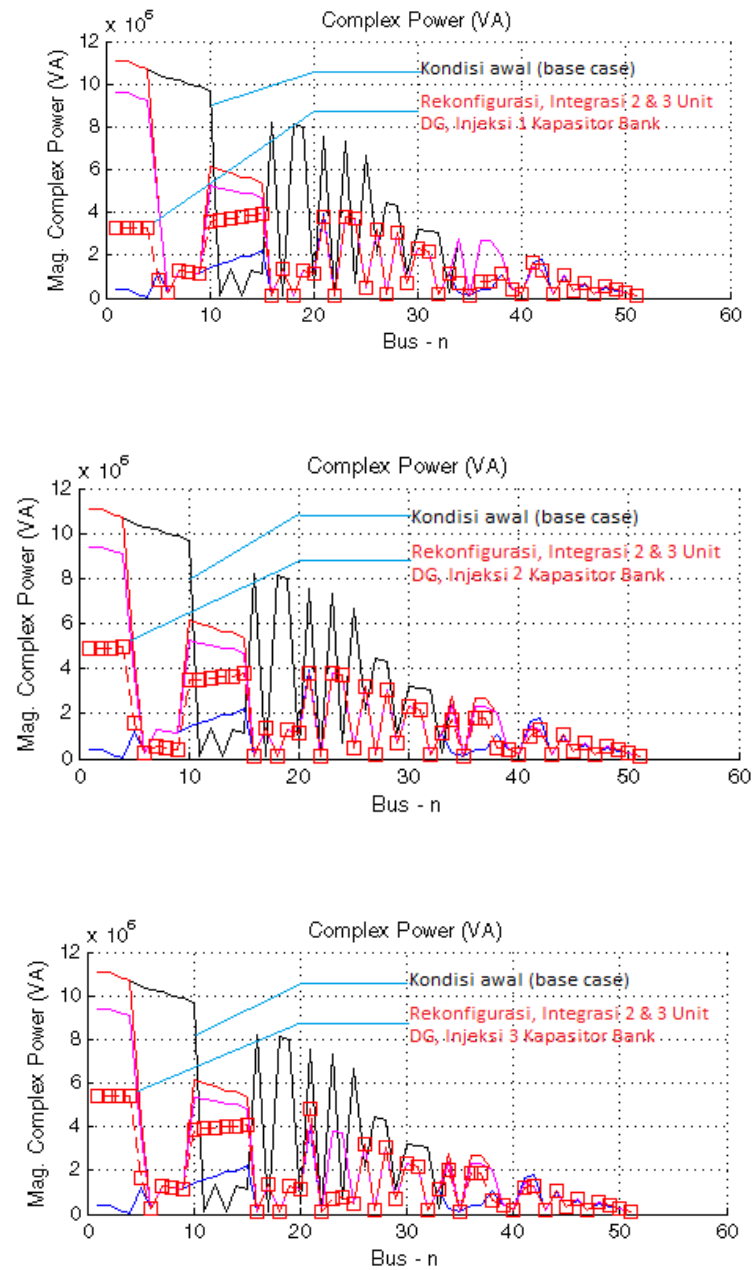


(b.) Integrasi 2&3 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.103. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 2 & 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS menunjukkan integrasi unit DG masih dominan dalam peningkatan profil tegangan

terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan.



Gambar 5.104. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.104. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 2 & 3 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 2 & 3 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 2 & 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial. Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan. Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi



dan beberapa kegiatan perencanaan terkoordinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

Topologi jaringan sebelum dan sesudah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dengan Fungsi Obyektif Tunggal serta Integrasi 2 dan 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi telah memiliki kemiripan dengan Kondisi I Rekonfigurasi, Integrasi 1 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank.

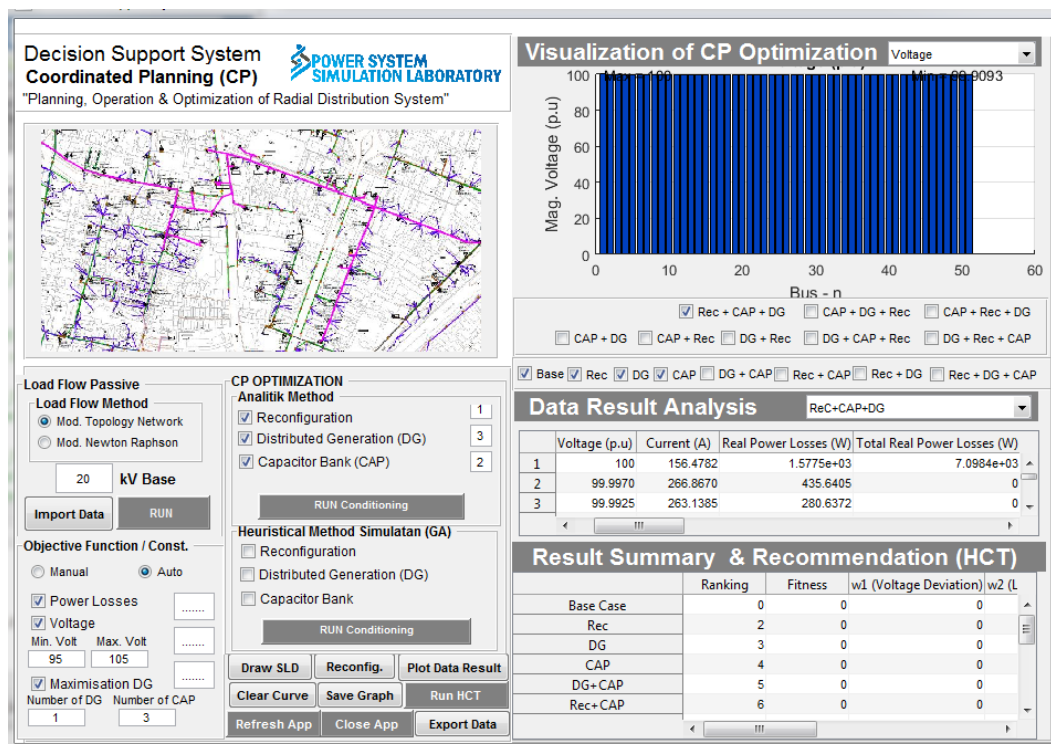
---

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Optimasi Tujuan Banyak

---

Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS merupakan penyelesaian optimasi dengan fungsi tujuan/obyektif banyak dengan batasan-batasan yang telah ditetapkan. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat mensimulasikan Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT terhadap Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dengan dengan fungsi tujuan/obyektif banyak ditunjukkan pada Gambar 5.105.

Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Jaringan RDS melakukan simulasi dalam lima tahap, meliputi 1) Kondisi awal (base case); 2) Rekonfigurasi jaringan; 3) Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank; 4) Penempatan & Penentuan Unit DG; dan 5) Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG secara bersamaan.



Gambar 5.105. Visualisasi Simulator DSS-CP berbasis HCT Pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit- Unit DG Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS-FO Banyak.

Hasil yang lengkap Simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dengan fungsi tujuan/obyektif banyak dan injeksi varian jumlah kapasitor bank dan integrasi unit DG ditunjukkan pada Lampiran 24.

Analisis hasil simulator DSS-CP berbasis HCT pada Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Jaringan RDS – Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS menunjukkan beberapa perubahan yang berarti pada rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.18. Injeksi beberapa unit kapasitor bank dan integrasi unit DG mempengaruhi perubahan rugi-rugi daya aktif total dan rugi-rugi daya reaktif total dalam jaringan. Ketika rekonfigurasi jaringan diterapkan, beberapa unit DG diintegrasikan dan beberapa kapasitor bank diinjeksikan ke jaringan maka nilai total rugi-rugi daya

aktif dan nilai total rugi-rugi daya reaktif sama-sama mengalami penurunan sebesar 75,98 % sampai dengan 85,77 %. Penambahan jumlah unit DG yang diintegrasikan dan jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan ke jaringan RDS telah mempengaruhi total rugi-rugi daya saluran yang optimum. Kondisi total rugi-rugi daya saluran maksimum diperoleh penurunan total rugi-rugi daya ketika jaringan RDS diintegrasikan 1 unit DG dan diinjeksikan 1 kapasitor bank. Begitu sebaliknya, kondisi total rugi-rugi daya saluran minimum diperoleh penurunan total rugi-rugi daya ketika jaringan RDS diintegrasikan 3 unit DG dan diinjeksikan 1 kapasitor bank.

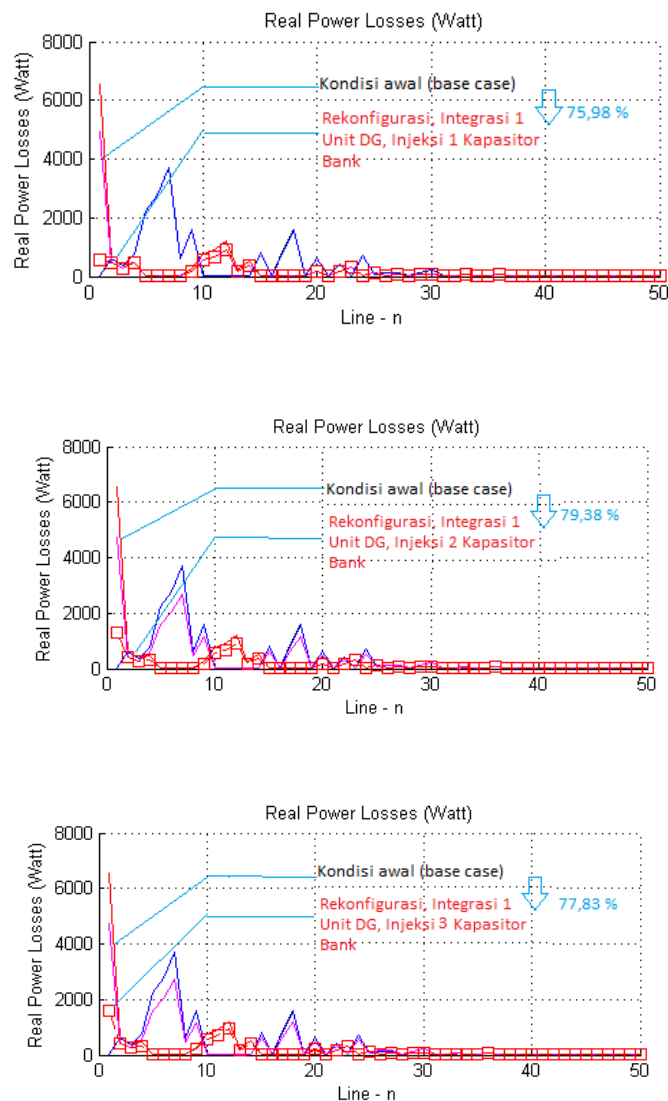
Tabel 5.18. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan;Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak, Integrasi Unit DG dan Injeksi Varian Kapasitor Bank.

Integra si Unit DG	Injeksi Kapasitor Bank	Total Real Power Losses(Watt)	Perubahan Total Real Power Losses(%)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Perubahan Total Reaktif Power Losses(%)	Volt Min (% p.u)	Volt Max (% p.u)	Bus Volt Min	Bus Volt Max	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
Base Case		25413.67608		12707.3762		99.68501	100	33	1						
1	1	6104.277944	75.98034254	3052.27596	75.9802817	99.90549	100	1	43	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
	2	5240.730859	79.37830465	2620.4493	79.3785179	99.95415	100	1	33	5202596	4422207	2740638	10	1888669	24
	3	5633.22861	77.83386948	2816.69248	77.834193	99.95131	100	1	33	4517606	3839965	2379797	13	613603.2	11
2	1	3629.640545	85.71776656	1814.89662	85.7177706	99.98312	100.0156	10	43	3115426	2648112	1641152	26	3869710	11
	2	4398.924446	82.69071963	2199.53692	82.6908648	99.97759	100.0101	10	43	2461252	2092064	1296545	26	1888669	24
	3	5253.972974	79.32619839	2627.04022	79.3266511	99.98437	100.0134	2	43	2735568	2325233	1441050	15	613603.2	11
3	1	3616.52087	85.76939102	1808.33707	85.7693906	99.98546	100.0179	10	43	338947.9	288105.7	178551.9	24	3869710	11
	2	4339.172674	82.92583623	2169.66075	82.9259737	99.98234	100.0148	10	43	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
	3	4658.207961	81.67046772	2329.17443	81.6706896	99.98945	100.0129	13	44	439921.3	373933.1	231742.9	22	613603.2	11

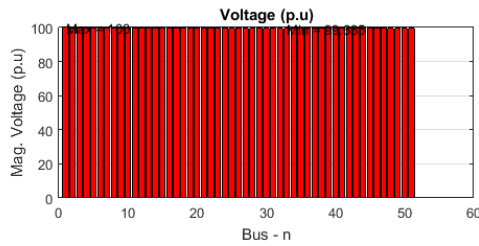
Jika ditinjau profil tegangan jaringan, rekonfigurasi jaringan, penempatan & penentuan kapasitor bank dan penempatan & penentuan unit-unit DG ke jaringan RDS telah dapat meningkatkan nilai tegangan setiap bus. Hal ini telah jelas terlihat tegangan maksimum dan tegangan minimum selalu naik secara perlahan-lahan. Selanjutnya, injeksi jumlah kapasitor bank ke jaringan RDS mempengaruhi kapasitas ukuran kapasitor bank dimana untuk kapasitor bank memiliki ukuran dan penempatan pada BUS yang sama dan berbeda. Selain itu, integrasi jumlah unit DG ke jaringan RDS juga mempengaruhi kapasitas ukuran unit DG dimana untuk Unit DG memiliki ukuran dan penempatan pada BUS yang sama dan berbeda. Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak dengan variasi

jumlah unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat ditunjukkan pada beberapa kondisi.

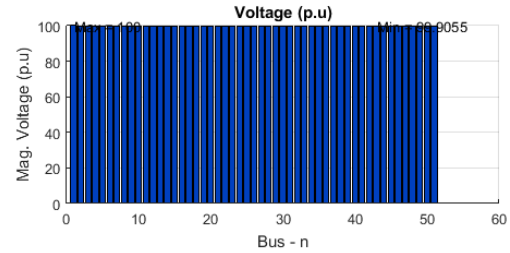
### Kondisi I – Rekonfigurasi, Integrasi 1 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank



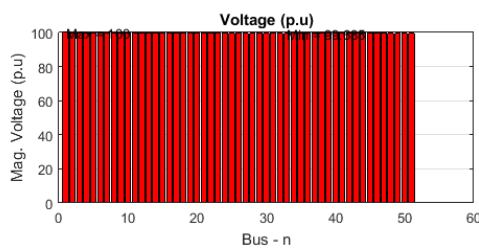
Gambar 5.106. Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Banyak– Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi.



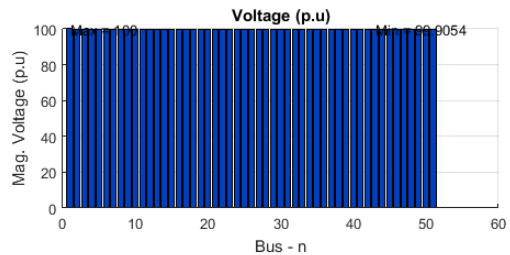
(a.) Kondisi Awal (Base case)



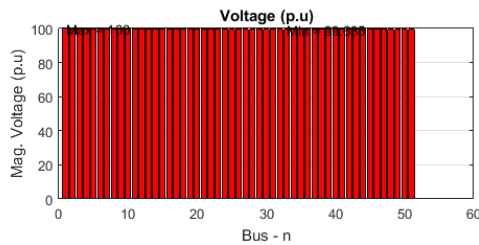
(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



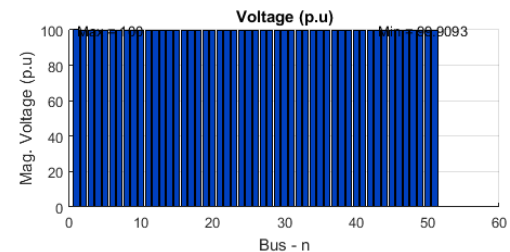
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank



(a.) Kondisi Awal (Base case)

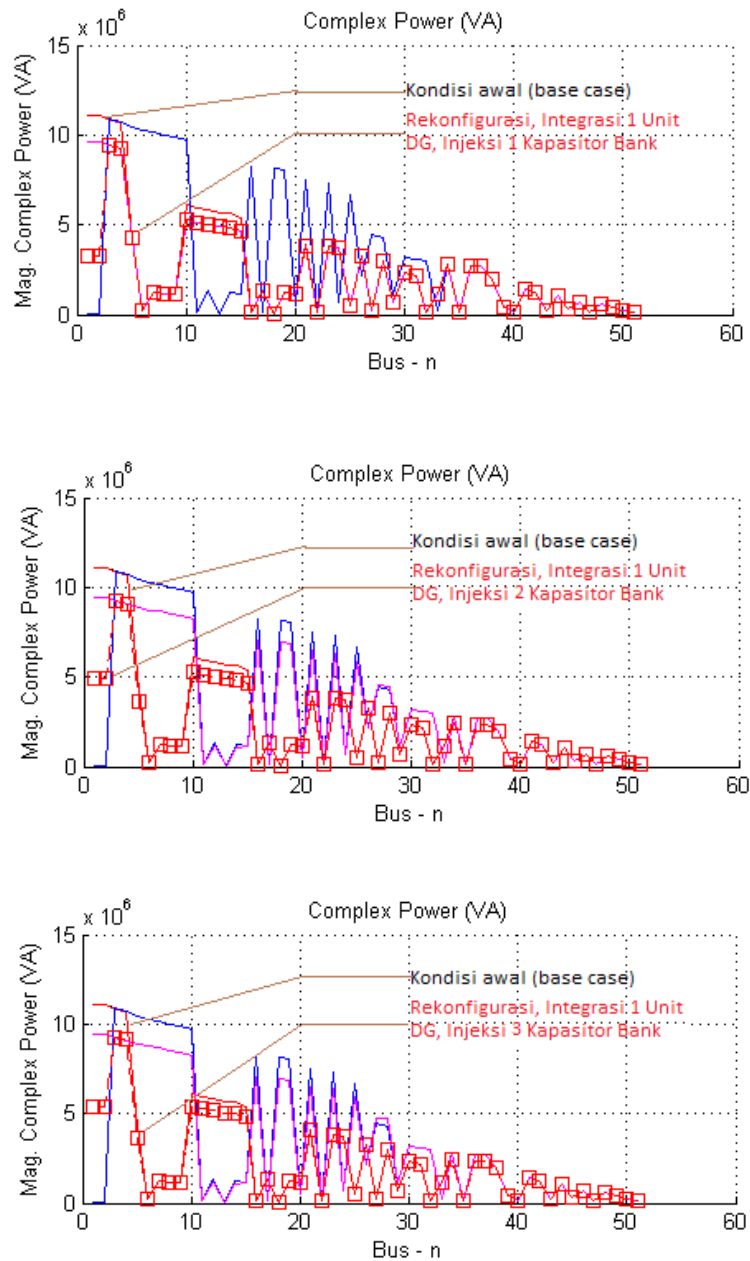


(b.) Integrasi 1 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.107. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS melalui Fungsi Obyektif Banyak dengan 1 unit

DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS.



Gambar 5.108. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Kondisi I meliputi rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dapat menurunkan nilai total rugi-rugi daya saluran yang sama baik aktif maupun reaktif. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.104. Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS meningkatkan profil tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.105.

Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS menunjukkan integrasi unit DG masih dominan dalam peningkatan profil tegangan terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.106. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 1 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 1 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank . Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan

Penempatan & Penentuan Unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

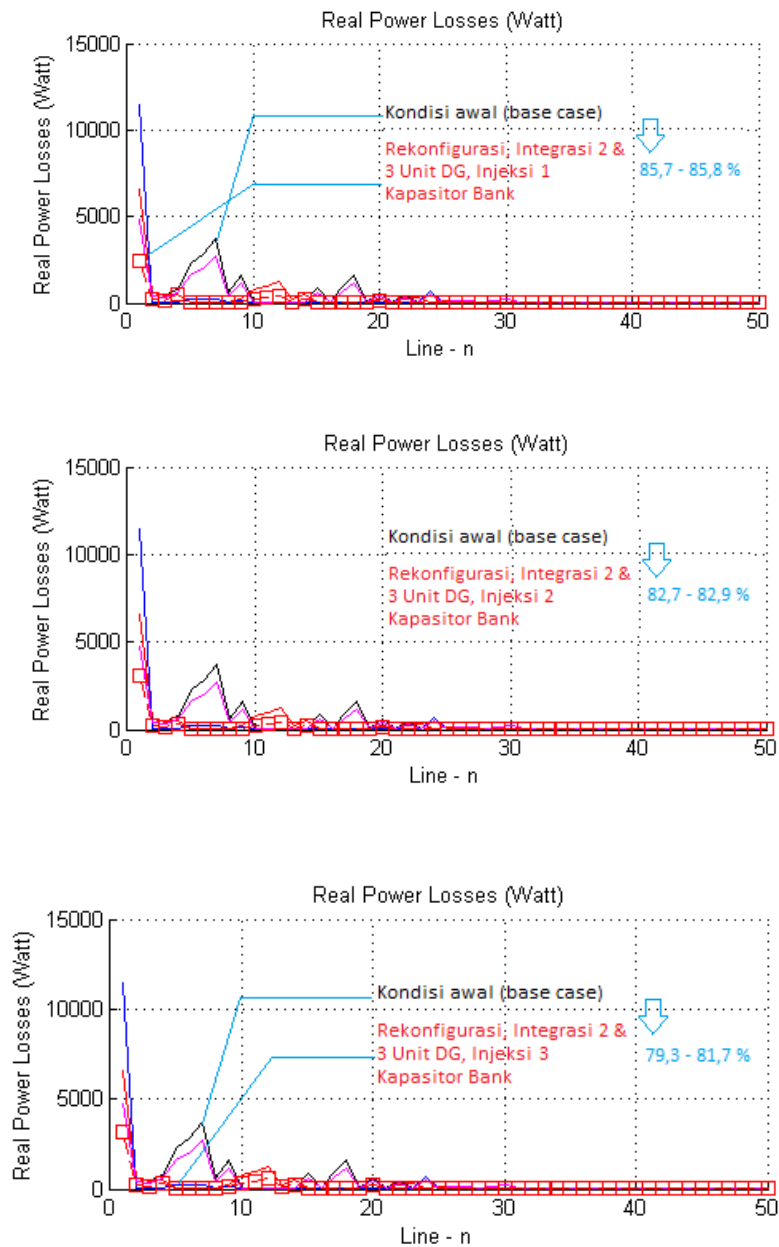
Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial. Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan. Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi dan beberapa kegiatan perencanaan terkoordinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

Topologi jaringan sebelum dan sesudah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dengan Fungsi Obyektif Banyak serta Integrasi 1 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi telah memiliki kemiripan topologi jaringan dengan Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dengan Fungsi Obyektif Tunggal serta Integrasi beberapa unit DG & Injeksi beberapa Kapasitor Bank.

Kondisi II – Rekonfigurasi, Integrasi 2 & 3 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank
---

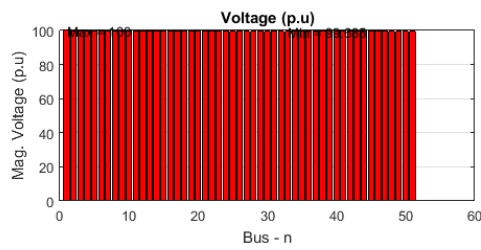
Performansi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS melalui Fungsi Obyektif Banyak dengan 2 & 3 unit DG yang diintegrasikan dan variasi jumlah kapasitor bank yang diinjeksikan dapat dipaparkan secara lebih detail melalui performansi total rugi-rugi daya saluran, profil tegangan dan aliran daya kompleks setiap BUS.



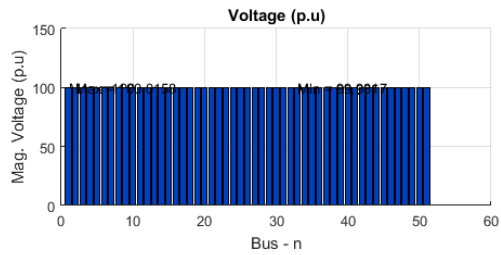


Gambar 5.109. Total Rugi-Rugi Daya Saluran- Advanced OPF-CP-Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

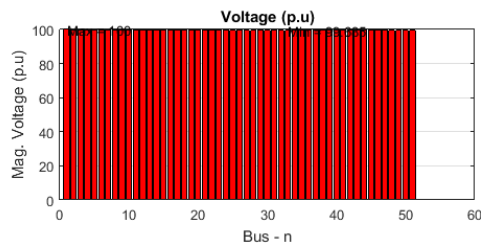
Kondisi II meliputi rekonfigurasi, integrasi 2 & 3 unit DG dan injeksi 1 (satu), 2(dua), 3 (tiga) kapasitor bank pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dapat menurunkan nilai total rugi-rugi daya saluran yang sama baik aktif maupun reaktif. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.109.



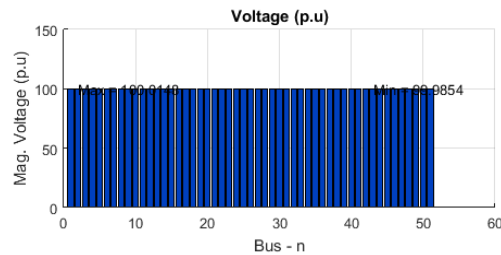
(a.) Kondisi Awal (Base case)



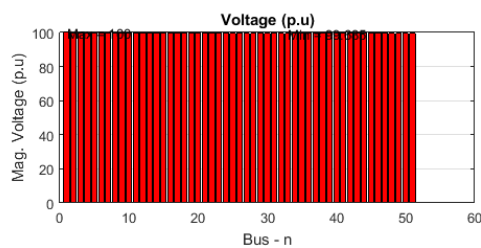
(b.) Integrasi 2&3 Unit DG & Injeksi 1 Kapasitor Bank



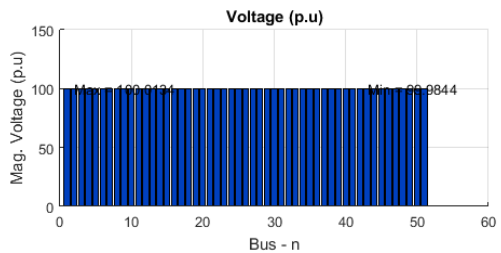
(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2&3 Unit DG & Injeksi 2 Kapasitor Bank

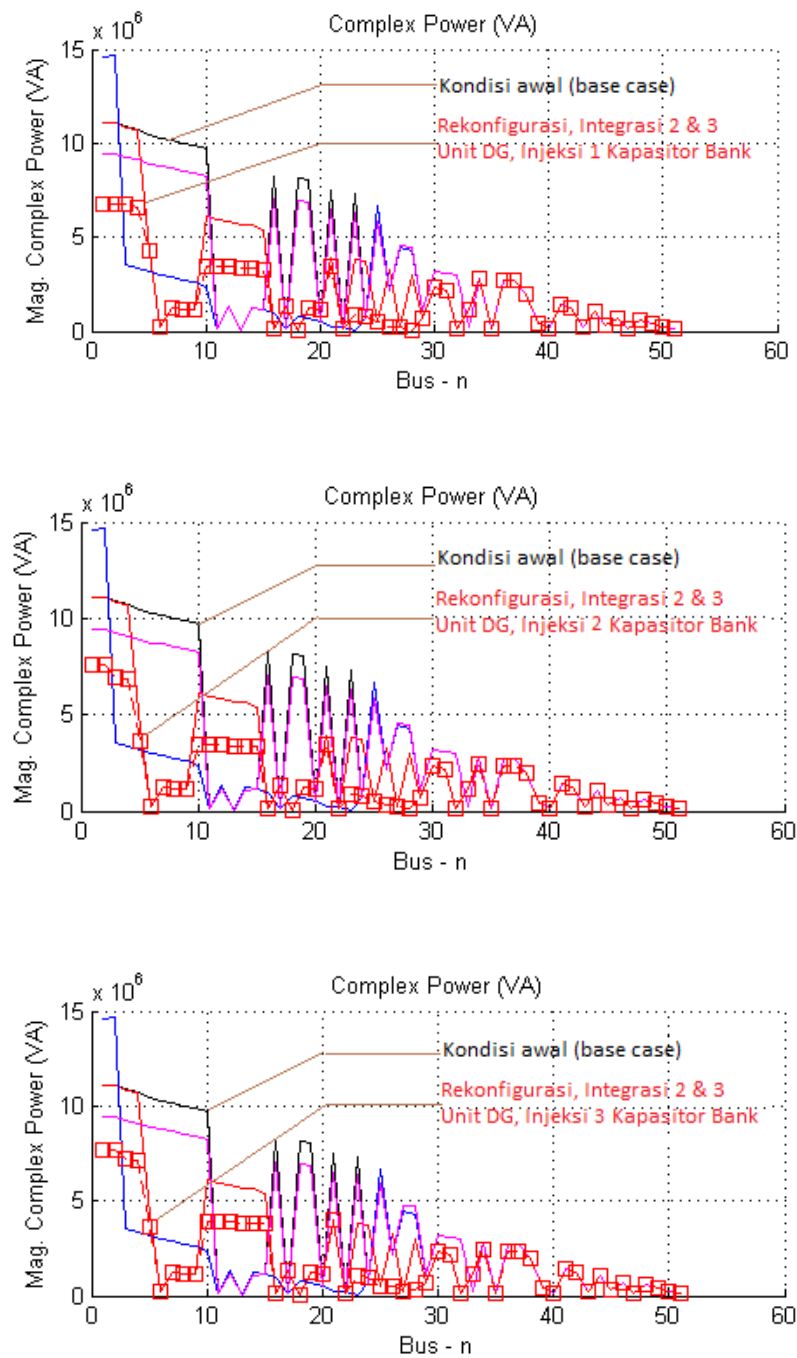


(a.) Kondisi Awal (Base case)



(b.) Integrasi 2&3 Unit DG & Injeksi 3 Kapasitor Bank

Gambar 5.110. Profil Tegangan Setiap BUS- Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.



Gambar 5.111. Aliran Daya Komplek - Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – FO Tunggal – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank Bervariasi.

Di sisi lain, rekonfigurasi, integrasi 1 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS meningkatkan profil

tegangan baik tegangan minimum maupun tegangan maksimum secara perlahan-lahan seperti yang ditunjukkan Gambar 5.110.

Tinjauan lain terhadap rekonfigurasi, integrasi 2 & 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank ke Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS menunjukkan integrasi unit DG masih dominan dalam peningkatan profil tegangan terutama tegangan maksimum walaupun injeksi beberapa kapasitor bank ditingkatkan.

Aliran daya hasil simulasi Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi menunjukkan perubahan nilai daya kompleks setiap BUS berubah-ubah. Hal ini dapat ditunjukkan pada Gambar 5.111. Daya aktif dan daya reaktif integrasi 2 & 3 unit DG dan daya reaktif injeksi beberapa kapasitor bank mempengaruhi daya aktif maupun daya reaktif dari sumber. Sehingga dampak penempatan & penentuan unit DG maupun beberapa kapasitor bank dapat mengurangi rugi-rugi daya saluran secara perlahan-lahan, selalu meningkatkan profil tegangan dan tetap dapat menjaga sifat radialitas jaringan RDS.

Selain itu, rekonfigurasi, penempatan & penentuan 2 & 3 unit DG dengan beberapa kapasitor bank dapat mempengaruhi topologi jaringan. Topologi jaringan sebelum dan sesudah keadaan jaringan dilakukan rekonfigurasi jaringan terhadap integrasi 2 & 3 unit DG dan injeksi beberapa kapasitor. Topologi jaringan hasil-hasil rekonfigurasi mempengaruhi profil tegangan pada masing-masing bus. Perubahan profil tegangan dari kondisi tegangan yang tidak berada pada range tegangan sampai berada pada range tegangan. Sehingga Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG pada Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS – Fungsi Obyektif Banyak – Integrasi 2 & 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi memberikan perubahan yang berarti pada kinerja perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Perubahan topologi jaringan mempengaruhi performansi perencanaan terkoordinasi jaringan RDS terutama konfigurasi jaringan tetap bersifat radial.

Perubahan konfigurasi jaringan dipengaruhi oleh operasi pensaklaran yang ditetapkan. Kombinasi pensaklaran telah menghasilkan beberapa perubahan topologi jaringan. Perubahan topologi jaringan mempengaruhi total rugi-rugi saluran, profil tegangan setiap BUS. Topologi jaringan pada kondisi awal menunjukkan posisi saklar-saklar pada saluran antar BUS yang ditetapkan. Kondisi awal ini, jaringan belum dilakukan rekonfigurasi sehingga topologi jaringan masih menunjukkan keadaan jaringan awal. Ketika jaringan telah dilakukan rekonfigurasi dan beberapa kegiatan perencanaan terkoordinasi maka topologi jaringan telah menunjukkan beberapa perubahan yang berbeda dengan keadaan jaringan awal.

Topologi jaringan sebelum dan sesudah Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan, Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS dengan Fungsi Obyektif Banyak serta Integrasi 2 dan 3 Unit DG & Injeksi Kapasitor Bank secara Bervariasi telah memiliki kemiripan dengan Kondisi I Rekonfigurasi, Integrasi 1 Unit DG dan Injeksi Beberapa Kapasitor Bank.

### **5.5.3 Review Analisis Advanced OPF-CP- Rekonfigurasi Jaringan dan Penempatan & Penentuan Kapasitor Bank dan Penempatan & Penentuan Unit DG Pada Jaringan RDS**

Hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan pemodelan dan simulasi aliran daya pada jaringan RDS aktif ( baik jaringan standar – Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) -51 BUS. Pada sisi perencanaan, Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat menunjukkan performansi aliran daya jaringan standar – Sistem IEEE 33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) jika kedua sistem tersebut dilakukan rekonfigurasi, diintegrasikan beberapa unit DG dan diinjeksi beberapa kapasitor bank. Selama beberapa kondisi dipenuhi, Simulator DSS-CP berbasis HCT masih dapat melakukan pemodelan dan simulasi sesuai dengan kebutuhan sistem distribusi. Tapi pada sisi operasi, hasil Simulator DSS-CP berbasis HCT perlu dipertimbangkan berdasarkan kondisi di lapangan sesungguhnya. Operasi sistem IEEE 30 BUS merupakan jaringan standar dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang ditetapkan. Tapi operasi Penyulang

Basuki Rahmat (Surabaya)-51 BUS merupakan jaringan riil dapat dimodelkan dan disimulasikan sesuai target tujuan dan batasan-batasan yang mempertimbangkan kondisi lapangan. Beberapa hal yang harus diperhatikan jaringan RDS aktif direncanakan dan dioperasikan, adalah

- Rekonfigurasi, Integrasi Beberapa Unit DG dan Injeksi Beberapa Unit Kapasitor Bank pada Jaringan RDS

Rekonfigurasi, integrasi beberapa unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank pada Jaringan RDS dapat meningkatkan performansi profil tegangan dan menurunkan rugi-rugi daya total saluran sistem distribusi. Tetapi semakin banyaknya integrasi beberapa unit DG dan beberapa kapasitor bank harus mempertimbangkan faktor daya yang mempengaruhi beban-beban yang membutuhkan daya aktif maupun reaktif. Fenomena yang menarik, semakin banyaknya integrasi beberapa unit DG dan beberapa kapasitor bank menyebabkan rugi-rugi daya saluran total menurun juga. Hal ini disebabkan rekonfigurasi, lokasi & ukuran beberapa unit DG dan lokasi & ukuran beberapa kapasitor bank yang diintegrasikan ke jaringan RDS telah mempengaruhi profil rugi-rugi daya yang melalui saluran antar bus. Dimana rugi-rugi daya saluran sebanding dengan  $I^2R$  dan  $I$  berbanding lurus dengan  $S$  yang mempertimbangkan arus saluran ( $I$ ), resistansi ( $R$ ) serta aliran daya yang melalui saluran ( $S$ ).

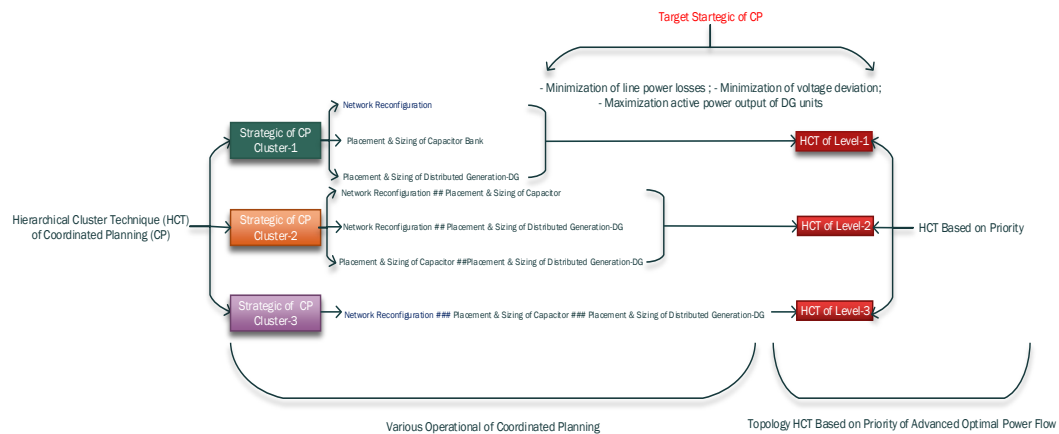
- Skalabilitas Perencanaan, Operasi dan Optimasi Pada Jaringan RDS

Skalabilitas merupakan jangkauan dan rentang perencanaan, pengoperasian dan optimasi jaringan RDS masih menunjukkan hasil performansi yang terbaik sesuai kebutuhan dan target yang dicapai. Oleh sebab itu, sisi optimasi, Simulator DSS-CP berbasis HCT harus dapat memberikan penyelesaian awal untuk rekonfigurasi, integrasi beberapa unit DG dan injeksi beberapa kapasitor bank yang optimal dari sisi teknis. Sisi teknis tersebut adalah penempatan/alokasi dan penentuan/penetapan ukuran yang optimal unit DG dan kapasitor bank yang diintegrasikan ke jaringan RDS.

## BAB 6

### PEMODELAN DAN SIMULASI ADVANCED-OPF CP BERBASIS HCT

HCT mengelompokkan strategi *advanced-OPF* sebagai metode penyelesaian OPF lanjut untuk menganalisis rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor bank (*bank capacitor allocation*) dan penempatan unit-unit DG (*DG units allocation*) secara hirarki dengan tujuan meminimumkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimalkan daya aktif keluaran DG (**PDG**) dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.



Gambar 6.1. Formulasi Pemodelan & Simulasi Advanced-OPF CP Berbasis HCT.

Formulasi pemodelan & simulasi *advanced-OPF* yang ditunjukkan pada Gambar 6.1 adalah penerapan teknik pengelompokan secara hirarki / bertingkat (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) yang terintegrasi pada kegiatan perencanaan koordinasi (*coordinated planning-CP*). Performansi formulasi pemodelan & simulasi advanced-OPF berbasis HCT ditentukan oleh variasi operasi perencanaan terkoordinasi.

## 6.1 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Berbasis HCT – Cluster – I

Hirarki yang pertama dilakukan adalah strategi CP pada pengelompokan pertama (Strategic of CP - Cluster-1) dioperasikan pada masing-masing kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank, dan penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG pada jaringan RDS. HCT pada level 1 melakukan perbandingan hasil advanced-OPF masing-masing kegiatan perencanaan terkoordinasi.

Hasil pemodelan dan simulasi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I meliputi :

- Rekonfigurasi pada Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.
- Penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank pada Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.
- Penempatan dan penetapan ukuran unit DG pada Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Kegiatan perencanaan terkoordinasi - rekonfigurasi pada Jaringan RDS telah menghasilkan performansi untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I-Rekonfigurasi Sistem IEEE-33 BUS ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Rekonfigurasi Sistem IEEE-33 BUS.

DSS-CP-HCT	FO	Fitness	P Loss (Watt)	V.min (% p.u.)	V.max(% p.u.)	V.dev(% p.u.)	DG.max
Kondisi awal	0	0	202699.5	91.30718014	100	8.692819857	0
Rekonfigurasi	1	0.020713	138253	94.15437724	100	5.845622765	0
Rekonfigurasi	2	0.020713	138253	94.15437724	100	5.845622765	0

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Rekonfigurasi Sistem IEEE-33 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi rekonfigurasi. Rugi-rugi daya aktif saluran mengalami penurunan yang berarti dari 202,6996 kWatt menjadi 138,253 kWatt. Profil tegangan telah



perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,91 p.u. Setelah rekonfigurasi dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum tetap = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,94 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,869 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,585 p.u. (rekonfigurasi-1&2 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran semakin turun dan perubahan deviasi tegangan semakin kecil menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Rekonfigurasi Sistem IEEE-33 BUS. Di sisi lain tegangan minimum masih belum memenuhi kondisi tegangan minimum yang dipersyaratkan sebesar 0,95 p.u.

Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Rekonfigurasi Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. ditunjukkan pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2. Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Rekonfigurasi Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

DSS-CP-HCT	FO	Fitness	P Loss (Watt)	V.min (% p.u.)	V.max (% p.u.)	V.dev (% p.u.)	DG.max
Kondisi awal	0	0	25413.68	99.685014	100	0.3149859	0
Rekonfigurasi	1	8.11E-05	13330.09	99.814717	100	0.1852829	0
Rekonfigurasi	2	8.11E-05	13330.09	99.814717	100	0.1852829	0

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performannsi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Rekonfigurasi Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi rekonfigurasi. Rugi-rugi daya aktif saluran mengalami penurunan yang berarti dari 25,41368 kWatt menjadi 13,33009 kWatt. Profil tegangan telah perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,9969 p.u. Setelah rekonfigurasi dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum tetap = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,9985 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,003150 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,001853 p.u. (rekonfigurasi-1&2 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran semakin turun dan perubahan deviasi tegangan semakin kecil

menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I-Rekonfigurasi Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Di sisi lain tegangan minimum dan tegangan maksimum sudah memenuhi batas kondisi tegangan yang dipersyaratkan.

Kegiatan perencanaan terkoordinasi - Penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank pada Jaringan RDS telah menghasilkan performansi untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank Sistem IEEE-33 BUS ditunjukkan pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3. Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS.

DSS-CP-HCT	FO	Injeksi Kapasitor Bank	Fitness	P Loss (Watt)	V.min (% p.u.)	V.max(% p.u.)	V.dev(% p.u.)	Size CAP (VAR)	Location CAP (BUS)
Kondisi awal	0	0	0	202699.548	91.30718014	100	8.692819857		
Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	1	1	0.631410074	163499.646	93.92175722	100	6.078242784	2405480.806	7
		2	0.3382031	259979.3499	95.32225931	100	4.677740687	1700621.389	9
		3	0.199932256	340073.4246	96.17751335	100.8484855	4.670972127	1332954.188	25
Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	2	1	0.631410074	163499.646	93.92175722	100	6.078242784	2405480.806	7
		2	0.310211247	297687.3104	95.93148193	100.6139811	4.682499125	2422517.828	7
		3	0.199932256	340073.4246	96.17751335	100.8484855	4.670972127	1332954.188	25

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi dengan penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank. Total rugi-rugi daya aktif saluran mengalami penurunan yang berarti dari 202,6996 kWatt menjadi 163,4997 kWatt hanya pada injeksi 1 kapasitor bank. Tetapi total rugi-rugi daya aktif saluran mengalami kenaikan yang berarti pada injeksi 2-3 kapasitor bank. Profil tegangan telah perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,91 p.u. Setelah penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum = 1,00 – 1,008 p.u. dan tegangan minimum = 0,939 – 0,962 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,0869 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,0467-0,0608 p.u. (penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank -1&2 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran naik-turun dan perubahan deviasi tegangan

semakin kecil menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan Dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank-Sistem IEEE-33 BUS. Di sisi lain tegangan minimum dan tegangan maksimum telah memenuhi range tegangan yang dipersyaratkan.

Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan Dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS ditunjukkan pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4. Advanced OPF-CP Berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

DSS-CP-HCT	FO	Injeksi Kapasitor Bank	Fitness	P Loss (Watt)	V.min (% p.u.)	V.max (% p.u.)	V.dev (%) p.u.)	Size CAP (VAR)	Location CAP (BUS)
Kondisi awal	0	0	0	25413.7	99.68501	100	0.3149859		
Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	1	1	0.608655	18809.2	99.75248	100	0.2475192	4876653.2	18
		2	0.578366	18732.7	99.75793	100	0.2420721	611252.17	36
		3	0.552128	18858	99.76329	100	0.23671489	388169.29	18
Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	2	1	0.608655	18809.2	99.75248	100	0.2475192	4876653.2	18
		2	0.578366	18732.7	99.75793	100	0.2420721	611252.17	36
		3	0.552128	18858	99.76329	100	0.23671489	388169.29	18

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan Dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank. Rugi-rugi daya aktif saluran mengalami penurunan yang berarti dari 25,41368 kWatt menjadi 187,327-188,580 kWatt. Profil tegangan telah perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,9969 p.u. Setelah penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum tetap = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,99753 – 0,99763 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,003150 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,002367-0,002475 p.u. (penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank -1&2 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran semakin turun dan perubahan deviasi tegangan semakin kecil menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Penyulang

Basuki Rahmat-51 BUS. Di sisi lain tegangan minimum dan tegangan maksimum sudah memenuhi batas kondisi tegangan yang dipersyaratkan.

Kegiatan perencanaan terkoordinasi - penempatan dan penetapan ukuran unit DG pada Jaringan RDS telah menghasilkan performansi untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan penetapan ukuran unit DG Sistem IEEE-33 BUS ditunjukkan pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5. Advanced OPF-CP Berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit DG Sistem IEEE-33 BUS.

DSS-CP-HCT	FO	Integrasi Unit DG	Fitness	P Loss (Watt)	V.min (% p.u.)	V.max (% p.u.)	V.dev (% p.u.)	Size Unit DG (Watt)	Location Unit DG (BUS)
Kondisi awal	0	0	0	202700	91.30718014	100	8.692819857		
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	1	1	0.29174019	65166	96.49785035	100.1007692	3.60291889	2469680.5	7
		2	0.12722731	46172.8	98.12858083	101.2109349	3.082354082	602043.19	31
		3	0.09785979	41537.5	98.55617868	101.6715009	3.115322198	215186.14	18
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	2	1	0.29174019	65166	96.49785035	100.1007692	3.60291889	2469680.5	7
		2	0.12722731	46172.8	98.12858083	101.2109349	3.082354082	602043.19	31
		3	0.09785979	41537.5	98.55617868	101.6715009	3.115322198	215186.14	18
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	3	1	-0.1232414	63385.7	96.41363585	100	3.586364146	2601003	6
		2	-0.1842664	61972.6	96.51141033	100	3.488589673	1287929.8	2
		3	-0.2218997	55940.5	96.89525536	100.345374	3.450118615	794250.16	23

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit DG Sistem IEEE-33 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi dengan penempatan dan penetapan ukuran unit DG. Total rugi-rugi daya aktif saluran mengalami penurunan yang berarti dari 202,700 kWatt menjadi 46,173 – 63,386 kWatt. Profil tegangan telah perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,00 – 1,017 p.u. dan tegangan minimum = 0,913 – 0,986 p.u. Setelah penempatan dan penetapan ukuran unit DG dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum = 1,00 – 1,008 p.u. dan tegangan minimum = 0,939 – 0,962 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,0869 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,0308-0,0359 p.u. (penempatan dan penetapan ukuran unit DG -1,2 & 3 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran naik-turun dan perubahan deviasi tegangan semakin kecil menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I-

Penempatan Dan Penetapan Ukuran Unit DG-Sistem IEEE-33 BUS. Di sisi lain tegangan minimum dan tegangan maksimum telah memenuhi range tegangan yang dipersyaratkan.

Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan Dan Penetapan Ukuran Unit DG Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS ditunjukkan pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6. Advanced OPF-CP Berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit DG Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

DSS-CP-HCT	FO	Integrasi Unit DG	Fitness	P Loss (Watt)	V.min (% p.u.)	V.max (% p.u.)	V.dev (% p.u.)	Size Unit DG (Watt)	Location Unit DG (BUS)
Kondisi awal	0	0	0	25413.676	99.6850141	100	0.314985898		
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	1	1	4.0659E-08	1652.8849	99.97009673	100.0001484	0.030051664	7876226.49	18
		2	6.0545E-09	1429.068	99.98810318	100.0181494	0.030046253	1173647.06	7
		3	5.8313E-09	1431.7969	99.99002759	100.0197901	0.02976252	45470.054	22
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	2	1	0.00605851	1652.8849	99.97009673	100.0001484	0.030051664	7876226.49	18
		2	0.00090218	1429.068	99.98810318	100.0181494	0.030046253	1173647.06	7
		3	0.00086891	1431.7969	99.99002759	100.0197901	0.02976252	45470.054	22
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	3	1	-1.4984838	25.97475	99.75133731	100	0.248662685	9400901.81	2
		2	-2.4874602	77.715906	99.95198837	100.0437195	0.091731145	6204450.92	15
		3	-3.4788571	43.860257	99.99571185	100.0874029	0.091691022	6219636.86	2

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan Dan Penetapan Ukuran Unit DG Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi penempatan dan penetapan ukuran unit DG. Rugi-rugi daya aktif saluran mengalami penurunan yang berarti dari 25,41368 kWatt menjadi 0,02597-1,65289 kWatt. Profil tegangan telah perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,9969 p.u. Setelah penempatan dan penetapan ukuran unit DG dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum tetap = 1,0000 – 1,0009 p.u. dan tegangan minimum = 0,997010 – 0,999957 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,003150 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,00029763-0,00009169 p.u. (penempatan dan penetapan ukuran unit DG -1,2 & 3 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran semakin turun dan perubahan deviasi tegangan semakin kecil menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster I- Penempatan dan Penetapan Ukuran Unit DG Penyulang Basuki

Rahmat-51 BUS. Di sisi lain tegangan minimum dan tegangan maksimum sudah memenuhi batas-batas kondisi tegangan yang dipersyaratkan.

Hasil pemodelan dan simulasi Advanced OPF-CP berbasis HCT- Cluster I melalui Penempatan dan penetapan ukuran unit DG pada Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS memiliki performansi yang terbaik dibandingkan rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank.

## **6.2 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Berbasis HCT – Cluster – II**

Hirarki yang kedua dilakukan adalah strategi CP pada pengelompokan kedua (Strategic of CP - Cluster-2) dioperasikan pada gabungan dari 2 (dua) baik secara berurutan (*sequential*) maupun secara bersamaan (*simultaneously*) pada masing-masing kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan dan penetapan ukuran unit-unit DG, dan penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank pada jaringan RDS. HCT pada level 2 melakukan perbandingan hasil advanced-OPF masing-masing kombinasi 2 (dua) kegiatan perencanaan terkoordinasi baik secara berurutan maupun secara bersamaan.

Hasil pemodelan dan simulasi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II meliputi :

- Rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank pada Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.
- Rekonfigurasi dan penempatan dan penetapan ukuran unit DG pada Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.
- Penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank dan penempatan & penetapan ukuran unit DG pada Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Kegiatan perencanaan terkoordinasi – rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank pada Jaringan RDS telah menghasilkan performansi jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II –

Rekonfigurasi dan penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank Sistem IEEE-33 BUS ditunjukkan pada Tabel 6.7.

Tabel 6.7. Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II – Rekonfigurasi dan Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS.

DSS-CP-HCT (CLUSTER II)	FO	Injeksi Kapasitor Bank	Fitness	P Loss (Watt)	V.min (% p.u.)	V.max (% p.u.)	V.dev(% p.u.)	Size CAP (VAR)	Location CAP (BUS)
Kondisi awal	0	0	0	202699.5	91.30718014	100	8.692819857		
Rekonfigurasi dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	1	1	0.30993706	129776.1	94.16925385	100	5.830746145	453829.321	14
		2	1.9519E-13	95878.29	95.90162308	100	4.098376922	967412.339	30
		3	0.09141106	104220.5	96.48907382	100	3.510926178	450417.107	14
Rekonfigurasi dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	2	1	0.22510911	135097.4	94.19613186	100	5.80386814	1332803.12	19
		2	0.20622543	131235.8	94.20617081	100	5.793829193	310951.921	11
		3	0.15719049	129463.9	94.21261015	100	5.787389853	201304.418	22

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II- Rekonfigurasi dan Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Sistem IEEE-33 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi dengan rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank. Total rugi-rugi daya aktif saluran mengalami penurunan yang berarti dari 202,6996 kWatt menjadi 95,8783 – 135,0974 kWatt. Profil tegangan telah menghasilkan perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,91 p.u. Setelah rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum tetap pada 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,9417 – 0,9649 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,0869 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,0351-0,0583 p.u. (rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank -1&2 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran turun dan perubahan deviasi tegangan semakin kecil menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II-Rekonfigurasi dan Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank-Sistem IEEE-33 BUS. Di sisi lain tegangan minimum dan tegangan maksimum telah memenuhi range tegangan yang dipersyaratkan.

Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II – Rekonfigurasi dan penempatan dan penetapan ukuran kapasitor bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS ditunjukkan pada Tabel 6.8.

Tabel 6.8. Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II – Rekonfigurasi dan Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

DSS-CP-HCT (CLUSTER II)	FO	Injeksi Kapasitor Bank	Fitness	P Loss (Watt)	V.min (% p.u.)	V.max (% p.u.)	V.dev(% p.u.)	Size CAP (VAR)	Location CAP (BUS)
Kondisi awal	0	0	0	25413.676	99.6850141	100	0.314985898		
Rekonfigurasi dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	1	1	0.15707446	10470.964	99.85156367	100	0.148436326	3869709.99	11
		2	0.13585677	10066.439	99.85744492	100	0.14255508	1888669.33	24
		3	0.12544295	10281.724	99.86327913	100	0.136720869	613603.204	11
Rekonfigurasi dan Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	2	1	0.15707446	10470.964	99.85156367	100	0.148436326	3869709.99	11
		2	0.13585677	10066.439	99.85744492	100	0.14255508	1888669.33	24
		3	0.12544295	10281.724	99.86327913	100	0.136720869	613603.204	11

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II- Rekonfigurasi dan Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi dengan rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank. Total rugi-rugi daya aktif saluran mengalami penurunan yang berarti dari 25,4137 kWatt menjadi 10,0664 – 10,4710 kWatt. Profil tegangan telah menghasilkan perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,000 p.u. dan tegangan minimum = 0,997 p.u. Setelah rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum tetap pada 1,000 p.u. dan tegangan minimum = 0,9985 – 0,9986 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,00315 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,00137-0,00148 p.u. (rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank -1&2 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran turun dan perubahan deviasi tegangan semakin kecil menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster II- Rekonfigurasi dan Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank- Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Di sisi lain tegangan minimum dan tegangan maksimum telah memenuhi range tegangan yang dipersyaratkan.

Hasil pemodelan dan simulasi Advanced OPF-CP berbasis HCT- Cluster II melalui Rekonfigurasi dan Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank pada



Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS memiliki performansi yang terbaik pada penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank.

### **6.3 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi Advanced OPF-CP Berbasis HCT – Cluster – III**

Hirarki yang ketiga dilakukan adalah strategi CP pada pengelompokan ketiga (Strategic of CP - Cluster-3) dioperasikan pada gabungan dari 3 (tiga) baik secara berurutan (sequential) maupun secara bersamaan (simultaneously) pada masing-masing kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank, dan penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG pada jaringan RDS. HCT pada level 3 melakukan perbandingan hasil advanced-OPF masing-masing kombinasi 3 (tiga) kegiatan perencanaan terkoordinasi baik secara berurutan maupun secara bersamaan.

Hasil pemodelan dan simulasi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank, dan penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG pada Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Kegiatan perencanaan terkoordinasi – rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank, dan penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG pada Jaringan RDS telah menghasilkan performansi jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III – rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank, dan penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG Sistem IEEE-33 BUS ditunjukkan pada Tabel 6.9.

Tabel 6.9. Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III – Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS.

DSS-CP-HCT (CLUSTER III)	Fungsi Obyektif	Integrasi Unit DG	Injeksi Kapasitor Bank	Fitness	Total Real Power Losses(Watt)	V.min (% p.u)	V. max (% p.u)	V. dev(% p.u)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
Kondisi awal					202699.548	91.30718014	100	8.692819857						
Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG	TUNGGAL	1	1	0.14582371	67894.30531	95.96911561	100.0097009	4.040585273	1414855.61	1202627.27	745321.443	29	453829.321	14
			2	0.06922406	68173.21191	96.55889397	100.4478655	3.888971576	1206121.48	1025203.26	635363.913	22	971028.745	30
			3	0.06746437	71306.95229	96.5597333	100.5226994	3.962966103	1096909.3	932372.908	577832.831	22	275934.154	8
		2	1	0.01225924	41594.31714	98.13991139	100.4669918	2.327080457	1187907.32	1009721.23	625769.013	22	453829.321	14
			2	0.01189844	45709.65411	98.13372564	100.5109171	2.377191489	958900.408	815065.347	505132.134	28	971028.745	30
			3	0.0104115	48876.51903	98.13433296	100.5856717	2.451338728	958376.405	814619.944	504856.098	28	275934.154	8
		3	1	0.00459986	27712.97154	99.12025838	100.535437	1.415178611	1052301.93	894456.642	554334.44	24	453829.321	14
			2	0.00436384	32226.0469	99.16376139	100.5783144	1.414553001	1036787.21	881269.13	546161.554	24	971028.745	30
			3	0.00312892	35424.21843	99.23948753	100.6529528	1.413465319	1035731.92	880372.128	545605.642	24	275934.154	8
Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG	BANYAK	1	1	-1.39243747	118473.8381	94.46243771	100	5.537562295	4278549.1	3636766.74	2253865.6	2	453829.321	14
			2	-1.21358287	87392.5406	96.1524173	100	3.847582697	3728981.74	3169634.48	1964363.02	2	971028.745	30
			3	-1.16580511	86339.2106	96.5091702	100	3.490829795	3582174.78	3044848.56	1887027.66	2	275934.154	8
		2	1	-2.12405506	98331.4554	95.43767862	100.1441608	4.706482136	2248044.76	1910838.05	1184231.06	3	453829.321	14
			2	-1.79641959	74817.89659	96.27343698	100.1097451	3.836308104	1790885.11	1522252.35	943407.273	3	971028.745	30
			3	-1.74976722	73766.9541	96.62996613	100.1087147	3.478748547	1794343.1	1525191.64	945228.882	3	275934.154	8
		3	1	-2.86437972	106905.8803	95.59097403	100.2899182	4.698944194	2274799.05	1933579.2	1198324.76	2	453829.321	14
			2	-2.38460602	80250.47342	96.39418466	100.2256535	3.831468812	1807323.16	1536224.69	952066.553	2	971028.745	30
			3	-2.33905078	79224.6522	96.7504847	100.2248396	3.474354888	1810694.33	1539090.18	953842.425	2	275934.154	8

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III- Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG Sistem IEEE-33 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi dengan Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG telah menghasilkan penurunan total rugi-rugi daya aktif saluran dari 202,6996 kWatt menjadi 27,7130 – 118,4738 kWatt. Profil tegangan telah menghasilkan perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,00 p.u. dan tegangan minimum = 0,91 p.u. Setelah rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum tetap pada 1,0000 – 1,0065 p.u. dan tegangan minimum = 0,9446 – 0,9924 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,0869 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,0141-0,0554 p.u. (Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG -1,2 & 3 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran turun dan perubahan deviasi tegangan semakin kecil menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III- Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG -Sistem IEEE-33 BUS. Di sisi lain tegangan minimum dan tegangan maksimum telah memenuhi range tegangan yang dipersyaratkan.

Performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III – Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS ditunjukkan pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10. Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III – Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

DSS-CP-HCT (CLUSTER III)	Fungsi Obyektif	Integrasi Unit DG	Injeksi Kapasitor Bank	Fitness	Total Real Power Losses(Watt)	V.min (% p.u)	V. max (% p.u)	V. dev(% p.u)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
Kondisi awal					25413.67608	99.6850141	100	0.314985898						
Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG	TUNGGAL	1	1	0.01968946	4978.307275	99.94588034	100	0.054119662	5549748.84	4717286.51	2923511.61	10	3869709.99	11
			2	0.01506015	5240.730859	99.95414994	100	0.045850055	5202596.37	4422206.92	2740637.7	10	1888669.33	24
			3	0.01533029	5633.22861	99.95131352	100	0.048686479	4517606.4	3839965.44	2379796.84	13	613603.204	11
		2	1	0.0011388	3629.640545	99.9831181	100.0155973	0.032479178	3115425.53	2648111.7	1641152.23	26	3869709.99	11
			2	0.00126569	4398.924446	99.97758702	100.010068	0.032480975	2461252.22	2092064.39	1296545.06	26	1888669.33	24
			3	0.00071769	5253.972974	99.98437341	100.0134073	0.029033877	2735567.68	2325232.52	1441049.69	15	613603.204	11
		3	1	0.01073408	3616.52087	99.98546454	100.017943	0.032478416	338947.925	288105.736	178551.899	24	3869709.99	11
			2	-1.4125336	4339.172674	99.98233572	100.0148152	0.032479433	685884.071	583001.46	361311.854	18	1888669.33	24
			3	0.01073408	4658.207961	99.98944965	100.0128533	0.023403632	439921.251	373933.063	231742.899	22	613603.204	11
Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG	BANYAK	1	1	-1.22034979	6104.277944	99.90548626	100	0.094513738	9007055.96	7655997.57	4744761.15	2	3869709.99	11
			2	-1.08561928	5240.730859	99.95414994	100	0.045850055	5202596.37	4422206.92	2740637.7	10	1888669.33	24
			3	-1.04189646	5633.22861	99.95131352	100	0.048686479	4517606.4	3839965.44	2379796.84	13	613603.204	11
		2	1	-1.61979454	3629.640545	99.9831181	100.0155973	0.032479178	3115425.53	2648111.7	1641152.23	26	3869709.99	11
			2	-1.48046015	4398.924446	99.97758702	100.010068	0.032480975	2461252.22	2092064.39	1296545.06	26	1888669.33	24
			3	-1.4125336	5253.972974	99.98437341	100.0134073	0.029033877	2735567.68	2325232.52	1441049.69	15	613603.204	11
		3	1	-2.01960478	3616.52087	99.98546454	100.017943	0.032478416	338947.925	288105.736	178551.899	24	3869709.99	11
			2	-1.87564685	4339.172674	99.98233572	100.0148152	0.032479433	685884.071	583001.46	361311.854	18	1888669.33	24
			3	-1.78346865	4658.207961	99.98944965	100.0128533	0.023403632	439921.251	373933.063	231742.899	22	613603.204	11

Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menghasilkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT-Cluster III- Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG - Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Kondisi awal sebagai acuan terhadap perubahan-perubahan kegiatan perencanaan terkoordinasi dengan Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG. Total rugi-rugi daya aktif saluran mengalami penurunan yang berarti dari 25,4137 kWatt menjadi 3,6165 – 6,1043 kWatt. Profil tegangan telah menghasilkan perubahan kenaikan secara perlahan. Hal ini ditunjukkan pada kondisi awal tegangan maksimum = 1,000 p.u. dan tegangan minimum = 0,997 p.u. Setelah Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG dengan fungsi obyektif tunggal/banyak menghasilkan tegangan maksimum = 1,0000 – 1,0002 p.u. dan tegangan minimum = 0,99906 – 0,99990 p.u. Sehingga profil tegangan tersebut mempengaruhi deviasi tegangan dari 0,00315 p.u. (kondisi awal) menjadi 0,00023-0,00095 p.u. (Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG -1,2 & 3 FO). Perubahan rugi-rugi daya aktif saluran turun dan perubahan deviasi tegangan semakin kecil menunjukkan performansi Advanced OPF-CP berbasis HCT- Cluster III-Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG - Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Di sisi lain tegangan minimum dan tegangan maksimum telah memenuhi range tegangan yang dipersyaratkan.

Hasil pemodelan dan simulasi Advanced OPF-CP berbasis HCT- Cluster III- Rekonfigurasi, Penempatan & Penetapan Ukuran Kapasitor Bank, dan Penempatan & Penetapan Ukuran Unit-Unit DG pada Jaringan RDS untuk Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS memiliki performansi yang terbaik pada penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank.

## 6.4 Review Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi

### Advanced OPF-CP Berbasis HCT

Variasi operasi perencanaan terkoordinasi terdiri dari 3 (tiga) kelompok hirarki meliputi hirarki pertama dengan Cluster-1, hirarki kedua dengan Cluster-2 dan hirarki ketiga dengan Cluster-3. Ketiga hirarki memiliki karakteristik hasil penyelesaian advanced-OPF bisa sama dan berbeda. Tentunya tingkat kesamaan dan tingkat perbedaan hasil penyelesaian Advanced-OPF berbasis HCT harus menghasilkan suatu keputusan sesuai dengan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Topologi HCT membuat suatu keputusan berdasarkan prioritas berdasarkan formulasi penyelesaian *advanced-OPF*. Penyelesaian *advanced-OPF* memiliki tujuan meminimumkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimalkan daya aktif keluaran DG (PDG) dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS. Topologi HCT berbasis prioritas dapat dioperasikan pada Simulator DSS-CP. Topologi HCT berbasis prioritas menghasilkan penyelesaian advanced-OPF yang lebih relevan sesuai kebutuhan perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS.

## **BAB 7**

### **ANALISIS PEMODELAN DAN SIMULASI PERENCANAAN, OPERASI DAN OPTIMASI JARINGAN RDS**

Penyelesaian optimasi aliran daya dalam jaringan RDS dalam kegiatan perencanaan terkoordinasi dalam penelitian disertasi lebih dikenal sebagai *Advanced Optimal Power Flow*. Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi akan mempengaruhi perencanaan, operasi dan optimasi sistem distribusi dan sekaligus meningkatkan performansi kualitas daya jaringan RDS. Pengembangan simulator sistem pengambil keputusan (*Decision Support System – Coordinated Planning – DSS-CP*) yang memfasilitasi Advanced OPF berbasis pada teknik pengklasteran secara hirarki (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) dapat diaplikasikan pada perencanaan, operasi dan optimasi dalam jaringan RDS.

Analisis Pemodelan & Simulasi Perencanaan, Operasi & Optimasi yang dikembangkan pada Simulator DSS-CP berbasis HCT. Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan performansi jaringan RDS baik jaringan standar – Sistem IEEE-33 BUS maupun jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

#### **7.1 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi – Sisi Perencanaan**

Sisi perencanaan dilatar belakangi sering terjadinya penurunan kualitas daya terhadap performansi jaringan RDS yang disebabkan rugi-rugi daya saluran dalam jaringan. Hal ini sangat mempengaruhi performansi jaringan RDS dalam perencanaan sistem distribusi. Salah satu untuk menjaga performansi jaringan RDS dilakukan dengan merubah rekonfigurasi, mengintegrasikan unit-unit DG dan menginjeksikan beberapa kapasitor bank dalam jaringan. Tentunya rekonfigurasi, integrasi unit-unit DG dan injeksi kapasitor bank tersebut harus mempertimbangkan operasi sistem distribusi.

Perencanaan sistem distribusi lebih ditekankan pada kondisi awal jaringan RDS. Kondisi awal jaringan RDS menunjukkan performansi awal jaringan RDS

sebelum jaringan RDS dilakukan rekonfigurasi, penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank dan penempatan & penentuan ukuran unit-unit DG. Performansi awal jaringan RDS baik jaringan standar – Sistem IEEE-33 BUS maupun jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS digunakan untuk kegiatan operasi dan optimasi sistem distribusi (seperti ditunjukkan Tabel 7.1).

Tabel 7.1. Performansi Awal Jaringan RDS.

Jaringan RDS	Total Real Power Losses(kWatt)	V. Min (p.u.)	V. Max (p.u.)	V. Dev. (p.u.)	Bus V. Min	Bus V. Max
Jaringan Standar-Sistem IEEE-33 BUS	202.699548	0.913072	1	0.086928	18	1
Jaringan Riil - Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS	25.34034724	0.996884	1	0.003116	51	1

Kedua jaringan RDS memiliki performansi sesuai topologi jaringan yang telah ditetapkan. Topologi jaringan standar- Sistem IEEE-33 BUS mempunyai total rugi-rugi daya aktif sebesar 202,6996 kWatt, tegangan minimumnya sebesar 0,9131 p.u. pada BUS-18, tegangan maksimumnya sebesar 1,0000 p.u. pada BUS-1 dan deviasi tegangannya sebesar 0,0869 p.u. Sedangkan Topologi jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat 51 BUS mempunyai total rugi-rugi daya aktif sebesar 25,3404 kWatt, tegangan minimumnya sebesar 0,9969 p.u. pada BUS-51, tegangan maksimumnya sebesar 1,0000 p.u. pada BUS-1 dan deviasi tegangannya sebesar 0,0031p.u.

Performansi awal kedua jaringan RDS tersebut dapat ditingkatkan melalui operasi sistem distribusi dimana tujuan operasi sistem menghasilkan penurunan total rugi-rugi daya aktif, penurunan deviasi tegangan dan menjaga profil tegangan yang ditetapkan ( $V_{min} = 0,95$  p.u. dan  $V_{max} = 1,05$  p.u.).

## 7.2 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi – Sisi

### Operasi

Skalabilitas operasi sistem distribusi bisa dilakukan dengan mensimulasikan aliran daya dalam jaringan RDS melalui metode simulasi aliran daya jaringan RDS. Hasil aliran daya dapat digunakan untuk meningkatkan performansi jaringan RDS melalui kegiatan perencanaan terkoordinasi. Kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi, penempatan & penetapan



ukuran kapasitor bank, dan penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG pada jaringan RDS baik Sistem IEEE-33 BUS maupun Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Simulator DSS-CP telah menghasilkan pemodelan dan simulasi untuk menunjang skalabilitas operasi sistem distribusi jaringan RDS. Skalabilitas operasi sistem distribusi jaringan RDS baik Sistem IEEE-33 BUS maupun Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS ditunjukkan pada Tabel 7.2.

Skalabilitas operasi sistem distribusi kedua jaringan RDS dilakukan melalui kegiatan perencanaan terkoordinasi. Skalabilitas operasi sistem distribusi tersebut juga telah mampu menurunkan total rugi-rugi daya aktif, meningkatkan profil tegangan sesuai range yang ditetapkan dan menurunkan deviasi tegangan. Penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG pada kedua jaringan RDS tersebut memberikan dampak yang berarti pada operasi sistem distribusi dibandingkan dengan rekonfigurasi dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank.

Skalabilitas operasi sistem distribusi kedua jaringan RDS selamanya belum tentu optimal. Oleh sebab itu, skalabilitas operasi sistem distribusi perlu dilakukan optimasi pada setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi baik secara berurutan maupun secara serentak.

### **7.3 Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi – Sisi**

#### **Optimasi**

Operasi sistem distribusi yang optimal menetapkan fungsi obyektif yang akan dicapai tanpa melanggar batasan-batasan yang telah ditetapkan. Fungsi obyektif bisa berbentuk tunggal / multi tergantung dari kompleksitas optimasi yang harus diselesaikan dalam *optimal power flow*. Penyelesaian optimal power flow sangat berarti untuk kegiatan perencanaan terkoordinasi dalam jaringan RDS. Kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG, dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank yang dapat dioperasikan dalam jaringan RDS.

Tabel 7.2. Skalabilitas Operasi Sistem Distribusi Jaringan RDS.

Operasi Jaringan RDS	Total Real Power Losses(kWatt)	V. Min (p.u.)	V. Max (p.u.)	V. Dev. (p.u.)	Bus V. Min	Bus V. Max	Size CAP (kVAR)	Bus Location CAP	Size S DG(kVA)	Size P DG(kWatt)	Size Q DG(kVAR)	Bus Location DG
<b>Jaringan Standar-Sistem IEEE-33 BUS</b>												
Kondisi Awal	202.699548	0.913071801	1	0.086928199	18	1						
Rekonfigurasi	138.2529653	0.941543772	1	0.058456228	32	1						
Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	163.499646	0.939217572	1	0.060782428	1	33	2405.481	7				
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	41.53747042	0.985561787	1.016715009	0.031153222	7	25			243.2175	215.18614	113.35634	18
<b>Jaringan Riil - Penyualang Basuki Rahmat-51 BUS</b>												
Kondisi Awal	25.34034724	0.996884112	1	0.003115888	51	1						
Rekonfigurasi	13.33008541	0.998147171	1	0.001852829	43	1						
Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	18.85803419	0.997632851	1	0.002367149	1	33	388.1693	18				
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	1.431796935	0.999900276	1.000197901	0.000297625	18	33			53.49418	45.470054	28.179809	22

Sisi optimasi sistem distribusi adalah penyelesaian optimasi dalam kegiatan perencanaan terkoordinasi yang lebih dikenal dalam penelitian disertasi sebagai *Advanced Optimal Power Flow*. Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi akan mempengaruhi perencanaan, operasi dan optimasi sistem distribusi dan sekaligus meningkatkan performansi kualitas daya jaringan RDS.

Pengembangan simulator sistem pengambil keputusan (*Decision Support System – Coordinated Planning – DSS-CP*) yang memfasilitasi Advanced OPF berbasis pada teknik pengklasteran secara hirarki (*Hierarchical Clustering Technique-HCT*) dapat diaplikasikan pada perencanaan, operasi dan optimasi dalam jaringan RDS. Simulator DSS – CP berbasis HCT terhadap jaringan RDS baik Sistem IEEE-33 BUS maupun Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS telah menghasilkan performansi rugi-rugi daya saluran (PLOSS) minimum, level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) minimum dan keluaran daya aktif DG (PDG) maksimum dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Optimasi Simulator DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan operasi sistem distribusi melalui kegiatan perencanaan terkoordinasi baik secara berurutan/sendiri-sendiri dan serempak. Rangkaian prioritas HCT ditetapkan berdasarkan nilai fitness yang dihasilkan oleh Advanced-OPF. Tinjauan sisi optimasi hasil Simulator DSS – CP berbasis HCT terhadap jaringan RDS baik Sistem IEEE-33 BUS maupun Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS ditunjukkan pada Tabel 7.3 dan Tabel 7.4.

Berdasarkan Optimasi Simulator DSS-CP berbasis HCT – Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS, rekonfigurasi, penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank dan penempatan & penentuan ukuran unit DG secara serempak menghasilkan performansi jaringan RDS yang terbaik. Performansi jaringan RDS-Sistem IEEE-33 BUS yang terbaik ditunjukkan total rugi-rugi daya aktif yang paling minimum, deviasi tegangan yang paling minimum, profil tegangan dalam batas-batas yang ditetapkan dan terjaganya keluaran daya aktif unit DG. Hal ini dibandingkan performansi rekonfigurasi, penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank dan penempatan & penentuan ukuran unit DG secara berurutan / sendiri-sendiri. Secara berurutan, penempatan & penentuan ukuran unit DG memiliki performansi yang

lebih berarti dibandingkan dengan rekonfigurasi dan penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank.

Berdasarkan Optimasi Simulator DSS-CP berbasis HCT – Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS, penempatan & penentuan ukuran unit DG secara sendiri menghasilkan performansi jaringan RDS yang terbaik. Performansi jaringan RDS- Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS yang terbaik ditunjukkan total rugi-rugi daya aktif yang paling minimum, deviasi tegangan yang paling minimum, profil tegangan dalam batas-batas yang ditetapkan dan terjaganya keluaran daya aktif unit DG. Hal ini dibandingkan performansi rekonfigurasi dan penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank secara berurutan / sendiri-sendiri serta rekonfigurasi, penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank dan penempatan & penentuan ukuran unit DG secara serempak. Secara serentak, rekonfigurasi, penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank dan penempatan & penentuan ukuran unit DG memiliki performansi yang lebih berarti dibandingkan dengan rekonfigurasi dan penempatan & penentuan ukuran kapasitor bank.

## **7.4 Review Hasil, Pembahasan dan Analisis Pemodelan & Simulasi**

### **Perencanaan, Operasi & Optimasi**

Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi telah mempengaruhi perencanaan, operasi dan optimasi sistem distribusi dan sekaligus meningkatkan performansi kualitas daya kedua jaringan RDS baik jaringan standar – Sistem IEEE-33 BUS maupun jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS. Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat diaplikasikan pada perencanaan, operasi dan optimasi dalam kedua jaringan RDS. Selain itu, Simulator DSS-CP berbasis HCT dapat memetakan performansi rugi-rugi daya saluran (PLOSS) minimum, level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) minimum dan keluaran daya aktif DG (PDG) maksimum dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS.

Tabel 7.3. Optimasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT – Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS.

Simulator DSS-CP-HCT	Ranking Prioritas HCT	Fitness FO- Advance d OPF	w1(dV)	w2(Ploss)	w3(Pout_DG)	Ploss (kWatt)	V.min (p.u.)	V.max (p.u.)	V.dev (p.u.)	Max DG Inject (k Watt)
Kondisi awal	0	0	0	0	0	202.699548	0.9130718	1	0.0869282	
Rekonfigurasi	3	0.176844	1	0	0	138.25276	0.94154448	1	0.05845552	
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	2	0.017961	1	0	0	45.7643432	0.98398566	1.014725	0.03073982	453.829321
Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	4	0.552908	1	0	0	155.823539	0.93228038	1	0.06771962	
Rekonfigurasi, Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank & Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	1	0.012259	1	0	0	41.5943171	0.98139911	1.00467	0.0232708	453.829321

Tabel 7.4. Optimasi Simulator DSS-CP Berbasis HCT – Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS.

Simulator DSS-CP-HCT	Ranking Prioritas HCT	Fitness FO-Advanced OPF	w1(dV)	w2(Ploss)	w3(Pout_DG)	Ploss (kWatt)	V.min (p.u.)	V.max (p.u.)	V.dev (p.u.)	Max DG Inject (kWatt)
Kondisi awal	0	0	0	0	0	25.41368	0.99685	1	0.00315	
Rekonfigurasi	3	0.237496	1	0	0	13.33009	0.998147	1	0.001853	
Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	1	0.006059	1	0	0	1.652885	0.999701	1.000001	0.000301	3839.96544
Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank	4	0.552128	1	0	0	18.85803	0.997633	1	0.002367	
Rekonfigurasi, Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank & Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG	2	0.01533	1	0	0	5.633229	0.999513	1	0.000487	3839.96544

## **BAB 8**

### **KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

#### **8.1 Kesimpulan**

Berdasarkan uraian dan paparan diatas, penelitian disertasi ini masih hal yang baru dan belum pernah ada kajian tentang peningkatan kualitas daya pada kegiatan perencanaan terkoordinasi pada jaringan RDS melalui pengembangan metode penyelesaian Advanced-OPF-Coordinated Planning berbasis Hierarchical Clustering Technique-HCT.

Penelitian disertasi ini telah dihasilkan pengembangan formulasi algoritma aliran daya optimal lanjut (*Advanced - OPF*) -Coordinated Planning berbasis HCT yang memiliki performansi terbaik untuk tujuan meminimumkan rugi-rugi daya saluran (PLOSS), meminimumkan level deviasi tegangan ( $\Delta VOLT$ ) dan memaksimumkan daya aktif keluaran DGs (PDGs) untuk peningkatan kualitas daya pada kegiatan perencanaan terkoordinasi pada jaringan RDS. Berdasarkan kinerja SIMULATOR DSS-CP berbasis HCT telah menunjukkan hasil performansi aliran daya pada jaringan standar – sistem IEEE-33 BUS dan jaringan riil- Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS meliputi profil tegangan, profil arus, rugi-rugi daya saluran antar BUS dan daya kompleks. Validasi dan verifikasi nilai-nilai profil tegangan, profil arus, rugi-rugi daya saluran antar BUS dan daya kompleks antara MATLAB dan ETAP menunjukkan hasil simulasi yang bagus sehingga Simulator DSS CP berbasis HCT dapat digunakan pada skalabilitas perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS. Hal ini dapat ditunjukkan nilai error baik minimum dan maksimum masih jauh dibawah toleransi sebesar 2 % dari masing-masing kedua jaringan RDS tersebut.

Performansi terbaik telah ditunjukkan melalui serangkaian perencanaan, operasi dan optimasi melalui simulasi Advanced-OPF-Coordinated Planning berbasis HCT pada jaringan RDS baik jaringan standar – Sistem IEEE-33 BUS maupun jaringan riil – Penyulang Basuki Rahmat-51BUS. Sistem IEEE-33 BUS memberikan performansi terbaik pada kegiatan perencanaan terkoordinasi secara serempak melalui rekonfiguransi jaringan, penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG, dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank Sedangkan

Penyulang Basuki Rahmat-51BUS memberikan performansi terbaik pada kegiatan perencanaan terkoordinasi melalui penempatan & penetapan ukuran unit-unit DG dibandingkan dengan rekonfigurasi jaringan dan penempatan & penetapan ukuran kapasitor bank

Selain itu, penelitian disertasi ini telah dihasilkan simulator sistem pengambil keputusan perencanaan terkoordinasi (*Decision Support System Coordinated Planning* – DSS - CP) berbasis HCT untuk menunjang perencanaan, operasi dan optimasi jaringan RDS pada umumnya serta khususnya pada Sistem IEEE-33 BUS dan Penyulang Basuki Rahmat-51BUS. Simulator DSS-CP berbasis HCT mampu memetakan strategi kegiatan perencanaan terkoordinasi berdasarkan prioritas nilai fitness fungsi obyektif (baik tunggal maupun banyak) Advanced-OPF secara hierarki dari terkecil sampai terbesar.

Setiap kegiatan perencanaan terkoordinasi pada jaringan RDS, Simulator DSS-CP berbasis HCT mampu menampilkan unjuk kerja secara berurutan (sequential) maupun bersamaan/serempak (simultan) tergantung pada kebutuhan dalam menunjang perencanaan, operasi dan optimasi sistem distribusi.

## **8.2 Rekomendasi Penelitian Selanjutnya**

Rekomendasi hasil penelitian disertasi ke depan diharapkan dapat memberikan manfaat yang berarti dalam sebuah perencanaan aliran daya optimal yang digunakan untuk menentukan pola operasi dan perencanaan terkoordinasi sistem jaringan sistem distribusi radial. Sebab selama ini formulasi perencanaan aliran daya optimal sistem distribusi masih mengacu pada sistem transmisi. Padahal pola penyaluran daya listrik di sistem distribusi jelas berbeda dengan sistem transmisi. Formulasi penyelesaian OPF pada jaringan RDS dapat digunakan untuk mengurangi rugi-rugi daya saluran dan level deviasi tegangan serta meningkatkan daya aktif keluaran DGs melalui kegiatan perencanaan terkoordinasi meliputi rekonfigurasi jaringan, penempatan kapasitor dan penempatan DG. Penyelesaian OPF yang diterapkan pada kegiatan perencanaan terkoordinasi jaringan RDS disebut penyelesaian *advanced-OPF*. Penyelesaian *advanced-OPF* merupakan penyelesaian OPF lanjut untuk menganalisis konfigurasi jaringan, penempatan kapasitor dan penempatan DG secara simultan dengan tujuan meningkatkan kualitas



daya jaringan RDS melalui meminimumkan rugi-rugi daya saluran, meminimumkan level deviasi tegangan dan memaksimalkan daya aktif keluaran DG yang terinjeksi dengan memperhatikan/memenuhi kendala-kendala sesuai perencanaan terkoordinasi jaringan RDS. Penyelesaian *advanced-OPF* berbasis *Hierarchical Clustering Technique-HCT* perlu dikembangkan sesuai target waktu (*time line*) yang direkomendasikan. Penyelesaian *advanced-OPF* berbasis *HCT* memberikan kontribusi yang penting pada kegiatan *dynamic optimal DG placement (ODGP)*, *active network management (ANM)*, *islanded operation* dari sistem smart micro-grid dan *On Line Monitoring* Berbasis *Geographical Information System-GIS* pada jaringan RDS.

*Dynamic ODGP (Optimal Distributed Generation Placement)*. Penelitian ini masih menerapkan *static ODGP*. *Static ODGP* hanya menentukan penempatan dan sizing yang optimal yang diinstalasi pada jaringan RDS yang sudah ada. Sedangkan *dynamic ODGP* dibutuhkan ketika beberapa tahun kedepan DG dipertimbangkan dan penempatan DG secara optimal sepanjang keseluruhan perencanaan dan operasi jaringan RDS.

*Active Network Management (ANM)*. Perencanaan terdistribusi dalam penelitian ini berpengaruh pada operasi aktif jaringan RDS, yang tentunya melibatkan komunikasi dan control sekaligus mempengaruhi operasi ANM. Penempatan DG tidak hanya untuk mengontrol tegangan tetapi juga untuk mencegah terjadinya overload. Penggunaan informasi secara *real-time* yang berkaitan operasi jaringan dan terkoneksi sumber-sumber DG, penalaan relai proteksi dapat dirubah secara dinamik. Selain itu, penerapan ANM dapat mengurangi total biaya pengintegrasian penetrasi DG yang tinggi. Model-model ODGP dengan melekatnya skema-skema ANM dapat membantu memastikan kualitas daya yang memadai dengan injeksi kapasitas DG pada jaringan RDS.

*Islanded operation*. Islanding secara sengaja dari jaringan RDS dalam bentuk mikrogrid meningkatkan daya saing ekonomi DGs dan meningkatkan keandalan jaringan distribusi tersebut. Hal ini penting untuk mengidentifikasi sistem penyimpanan masa depan yang akan mengintegrasikan operasi terpisah DGs (*DGs islanding operation*) dan fungsi- fungsi optimasi sistem terhadap kontrol kebutuhan (*demand control*) untuk meningkatkan daya saing ekonomi DGs.

*On Line Monitoring Berbasis Geographical Information System-GIS pada jaringan RDS.* Semua perubahan yang terjadi pada performansi jaringan RDS dapat dimonitoring dengan GIS. Penggunaan GIS lebih difokuskan pada operasi-operasi (integrasi kegiatan perencanaan terkoordinasi) dan pengembangan sistem distribusi yang lebih efektif dan efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Sallam and O. P. Malik, *Electric Distribution Systems* Vol. 68: John Wiley & Sons, 2011.
- [2] S. Kalambe and G. Agnihotri, "Loss Minimization Techniques Used in Distribution Network: Bibliographical Survey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 29, pp. 184-200, 2014.
- [3] P. V. Babu and S. Singh, "Optimal Placement of DG in Distribution Network for Power Loss Minimization Using NLP & PLS Technique," *Energy Procedia*, Vol. 90, pp. 441-454, 2016.
- [4] M. Selvan, "Planning and Operation of Distributed Generations in Distribution Systems for Improved Voltage Profile," In *Power Systems Conference and Exposition, 2009. PSCE'09. IEEE/PES*, 2009, Pp. 1-7.
- [5] P. K. T. Kaushal, Mrs Minal, "Review of Load Flow Analysis for Three Phase Radial Distribution System," *International Journal Of Engineering And Techniques*, Vol. 2, P. 5, 2016.
- [6] A. Chandrasekaran and R. Broadwater, "A New Formulation of Load Flow Equations in Balanced Radial Distribution Systems," *Canadian Electrical Engineering Journal*, Vol. 12, pp. 147-151, 1987.
- [7] H.D. Chiang and M. E. Baran, "On the Existence and Uniqueness of Load Flow Solution for Radial Distribution Power Networks," *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, Vol. 37, pp. 410-416, 1990.
- [8] S. K. Goswami and S. K. Basu, "A New Algorithm for the Reconfiguration of Distribution Feeders for Loss Minimization," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 7, pp. 1484-1491, 1992.
- [9] R. D. Zimmerman and H.-D. Chiang, "Fast Decoupled Power Flow for Unbalanced Radial Distribution Systems," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 10, pp. 2045-2052, 1995.
- [10] F. Zhang and C. S. Cheng, "A Modified Newton Method for Radial Distribution System Power Flow Analysis," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 12, pp. 389-397, 1997.
- [11] S. Ghosh and D. Das, "Method for Load-Flow Solution of Radial Distribution Networks," *IEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution*, Vol. 146, pp. 641-648, 1999.
- [12] P. A. Garcia, J. L. R. Pereira, S. Carneiro, V. M. Da Costa, and N. Martins, "Three-Phase Power Flow Calculations Using the Current Injection Method," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 15, pp. 508-514, 2000.
- [13] K. N. Miu and H.D. Chiang, "Existence, Uniqueness, and Monotonic Properties of the Feasible Power Flow Solution for Radial Three-Phase Distribution Networks," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications*, Vol. 47, pp. 1502-1514, 2000.
- [14] J. Liu, M. Salama, and R. Mansour, "An Efficient Power Flow Algorithm for Distribution Systems with Polynomial Load," *International Journal of Electrical Engineering Education*, Vol. 39, pp. 371-386, 2002.
- [15] Y. Zhu and K. Tomsovic, "Adaptive Power Flow Method for Distribution Systems with Dispersed Generation," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 17, pp. 822-827, 2002.
- [16] J.H. Teng, "A Direct Approach for Distribution System Load Flow Solutions," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 18, pp. 882-887, 2003.

- [17] U. Eminoglu and M. H. Hocaoglu, "A New Power Flow Method for Radial Distribution Systems Including Voltage Dependent Load Models," *Electric Power Systems Research*, Vol. 76, pp. 106-114, 2005.
- [18] U. Thongkrajay, N. Poolsawat, T. Ratniyomchai, and T. Kulworawanichpong, "Alternative Newton-Raphson Power Flow Calculation in Unbalanced Three-Phase Power Distribution Systems," In *Proceedings of the 5th WSEAS International Conference on Applications of Electrical Engineering*, 2006, pp. 24-29.
- [19] S. Khushalani, J. M. Solanki, and N. N. Schulz, "Development of Three-Phase Unbalanced Power Flow Using PV And PQ Models for Distributed Generation and Study of the Impact of DG Models," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 22, pp. 1019-1025, 2007.
- [20] U. Eminoglu and M. H. Hocaoglu, "Distribution Systems Forward/Backward Sweep-Based Power Flow Algorithms: A Review and Comparison Study," *Electric Power Components and Systems*, Vol. 37, pp. 91-110, 2008.
- [21] W. Liu, W.H. Ning, and D.S. Huang, "A Modified Power Flow Calculation Method for Radial Distribution System," In *Electricity Distribution, 2008. CIGRE 2008. China International Conference on*, 2008, pp. 1-5.
- [22] A. R. Ahmadi and T. C. Green, "Optimal Power Flow for Autonomous Regional Active Network Management System," In *Power & Energy Society General Meeting, 2009. PES'09. IEEE*, 2009, pp. 1-7.
- [23] A. Alsaadi and B. Gholami, "An Effective Approach for Distribution System Power Flow Solution," *International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, Vol. 3, pp. 730-734, 2009.
- [24] V. Janev, D.I. S. Koch, and G. Andersson, "Implementation and Evaluation of A Distribution Load Flow Algorithm for Networks with Distributed Generation," *Bachelor's Thesis, Eth Zurich*, 2009.
- [25] S. Moghaddas-Tafreshi and E. Mashhour, "Distributed Generation Modeling for Power Flow Studies and A Three-Phase Unbalanced Power Flow Solution for Radial Distribution Systems Considering Distributed Generation," *Electric Power Systems Research*, Vol. 79, pp. 680-686, 2009.
- [26] A. Arunagiri, K. Suresh, B. Venkatesh, R. R. Kumar, M. A. Khan, T. T. Tay, *Et Al.*, "Artificial Neural Network Approach an Application to Harmonic Load Flow for Radial Systems," *Yanbu Journal of Engineering and Science*, Vol. 1, pp. 1-11, 2010.
- [27] T.H. Chen and N.C. Yang, "Loop Frame of Reference Based Three-Phase Power Flow for Unbalanced Radial Distribution Systems," *Electric Power Systems Research*, Vol. 80, pp. 799-806, 2010.
- [28] S. Mishra and D. Das, "Evolution of Distribution System Load Flow Methods-A Bibliographic Review," *J Inst. Eng. India Ee Div*, Vol. 91, pp. 42-48, 2010.
- [29] M. F. Akorede, H. Hizam, I. Aris, M. Ab Kadir, and M. Hojabri, "A Windows-Based Tool for Power Flow Analysis and DG Optimisation in Radial Distribution Networks," *Scientific Research and Essays*, Vol. 6, pp. 1285-1302, 2011.
- [30] K. Balamurugan and D. Srinivasan, "Review of Power Flow Studies on Distribution Network with Distributed Generation," In *Power Electronics and Drive Systems (PEDS), 2011 IEEE Ninth International Conference on*, 2011, pp. 411-417.
- [31] H. E. Farag, E. El-Saadany, R. El Shatshat, and A. Zidan, "A Generalized Power Flow Analysis for Distribution Systems with High Penetration of Distributed Generation," *Electric Power Systems Research*, Vol. 81, pp. 1499-1506, 2011.

- [32] S. Segura, L. Da Silva, and R. Romero, "Generalised Single-Equation Load Flow Method for Unbalanced Distribution Systems," *IET Generation, Transmission & Distribution*, Vol. 5, pp. 347-355, 2011.
- [33] G. Chang, S.Y. Chu, M.F. Hsu, C.S. Chuang, and H.L. Wang, "An Efficient Power Flow Algorithm for Weakly Meshed Distribution Systems," *Electric Power Systems Research*, Vol. 84, pp. 90-99, 2012.
- [34] E. Demirok, S. B. Kjær, D. Sera, and R. Teodorescu, "Three-Phase Unbalanced Load Flow Tool for Distribution Networks," In *2nd International Workshop on Integration of Solar Power Systems*, 2012.
- [35] S. Mishra, D. Das, and S. Paul, "A Simple Algorithm to Implement Active Power Loss Allocation Schemes in Radial Distribution Systems," *Journal of The Institution Of Engineers (India): Series B*, Vol. 93, pp. 123-132, 2012.
- [36] P. U. Reddy, S. Sivanagaraju, and P. Sangameswararaju, "Power Flow Analysis of Three Phase Unbalanced Radial Distribution System," 2012.
- [37] A. Sameni, A. B. Nassif, C. Opathella, and B. Venkatesh, "A Modified Newton-Raphson Method for Unbalanced Distribution Systems," In *Smart Grid Engineering (SGE), 2012 IEEE International Conference On*, 2012, pp. 1-7.
- [38] M. Sedghi and M. Aliakbar-Golkar, "Analysis and Comparison of Load Flow Methods for Distribution Networks Considering Distributed Generation," *International Journal of Smart Electrical Engineering*, Vol. 1, 2012.
- [39] M. Z. Degefa, R. J. Millar, M. Koivisto, M. Humayun, and M. Lehtonen, "Load Flow Analysis Framework for Active Distribution Networks Based on Smart Meter Reading System," 2013.
- [40] R. Prenc, D. Škrlec, and V. Komen, "A Novel Load Flow Algorithm for Radial Distribution Networks with Dispersed Generation," *Tehnički Vjesnik-Technical Gazette*, Vol. 20, pp. 969-977, 2013.
- [41] P. Arbolea, C. González-Morán, and M. Coto, "Unbalanced Power Flow in Distribution Systems with Embedded Transformers Using The Complex Theory In  $\alpha$ - $\beta$  Stationary Reference Frame," *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 29, pp. 1012-1022, 2014.
- [42] S. Jena, A. Mishra, and V. Rastogi, "Network Topology Based Back/Forward Sweeping for Load Flow of Radial Distribution Systems," *Network*, Vol. 3, 2014.
- [43] R. J. R. Kumar and P. N. Rao, "A New Successive Displacement Type Load Flow Algorithm and its Application to Radial Systems," In *Electrical Energy Systems (ICEES), 2014 IEEE 2nd International Conference on*, 2014, pp. 15-19.
- [44] R. Parasher, "Load Flow Analysis of Radial Distribution Network Using Linear Data Structure," *Arxiv Preprint Arxiv:1403.4702*, 2014.
- [45] D. Ivic, D. Macanovic, D. Sosic, and P. Stefanov, "Weakly Meshed Distribution Networks with Distributed Generation—Power Flow Analysis Using Improved Impedance Matrix Based Algorithm," In *Industrial Electronics (INDEL), International Symposium on*, 2016, pp. 1-6.
- [46] B. Muruganantham, R. Gnanadass, and N. Padhy, "Performance Analysis and Comparison of Load Flow Methods in a Practical Distribution System," In *Power Systems Conference (NPSC), 2016 National*, 2016, pp. 1-6.
- [47] B. Muruganantham, R. Gnanadass, and N. Padhy, "Unbalanced Load Flow Analysis for Distribution Network with Solar PV Integration," In *Power Systems Conference (NPSC), 2016 National*, 2016, pp. 1-6.
- [48] A. S. Remolino and H. F. R. Paredes, "An Efficient Method for Power Flow Calculation Applied to the Reconfiguration of Radial Distribution Systems," In *Transmission & Distribution Conference and Exposition-Latin America (PES T&D-LA), 2016 IEEE PES*, 2016, pp. 1-6.

- [49] X. Yang, W. Zhu, B. Chen, and X. Yuan, "A Decoupled Three-Phase Power Flow Algorithm for Distribution Networks Containing Multi-Transformer-Branched," In *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2016 IEEE PES Asia-Pacific*, 2016, pp. 1553-1559.
- [50] A. Bernstein, C. Wang, E. Dall'anese, J.Y. L. Boudec, and C. Zhao, "Load-Flow in Multiphase Distribution Networks: Existence, Uniqueness, and Linear Models," *Arxiv Preprint Arxiv:1702.03310*, 2017.
- [51] R.N. Liao, N.C. Yang, and T.H. Chen, "A Novel and Fast Single-Phase Three-Wire Power Flow Solution for a Modern Home Premises Wiring Systems," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 90, pp. 190-207, 2017.
- [52] P. S. Georgilakis and N. D. Hatziargyriou, "Optimal Distributed Generation Placement in Power Distribution Networks: Models, Methods, And Future Research," *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 28, pp. 3420-3428, 2013.
- [53] P. S. Georgilakis and N. D. Hatziargyriou, "A Review of Power Distribution Planning in The Modern Power Systems Era: Models, Methods and Future Research," *Electric Power Systems Research*, Vol. 121, pp. 89-100, 2015.
- [54] R. Taleski and D. Rajcic, "Distribution Network Reconfiguration for Energy Loss Reduction," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 12, pp. 398-406, 1997.
- [55] M. Kashem, V. Ganapathy, and G. Jasmon, "Network Reconfiguration for Load Balancing in Distribution Networks," *IEE Proceedings-Generation, Transmission And Distribution*, Vol. 146, pp. 563-567, 1999.
- [56] C. Wang and H. Z. Cheng, "Optimization of Network Configuration in Large Distribution Systems Using Plant Growth Simulation Algorithm," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 23, pp. 119-126, 2008.
- [57] H. Khodr, J. Martinez-Crespo, M. Matos, and J. Pereira, "Distribution Systems Reconfiguration Based on OPF Using Benders Decomposition," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 24, pp. 2166-2176, 2009.
- [58] D. Bernardon, A. Mello, L. Pfitscher, L. Canha, A. Abaide, and A. Ferreira, "Real-Time Reconfiguration of Distribution Network with Distributed Generation," *Electric Power Systems Research*, Vol. 107, pp. 59-67, 2014.
- [59] E. J. De Oliveira, G. J. Rosseti, L. W. De Oliveira, F. V. Gomes, and W. Peres, "New Algorithm for Reconfiguration and Operating Procedures in Electric Distribution Systems," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 57, pp. 129-134, 2014.
- [60] W. Guan, Y. Tan, H. Zhang, and J. Song, "Distribution System Feeder Reconfiguration Considering Different Model of DG Sources," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 68, pp. 210-221, 2015.
- [61] S. Naveen, K. S. Kumar, and K. Rajalakshmi, "Distribution System Reconfiguration for Loss Minimization Using Modified Bacterial Foraging Optimization Algorithm," *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 69, pp. 90-97, 2015.
- [62] T. T. Nguyen and A. V. Truong, "Distribution Network Reconfiguration for Power Loss Minimization and Voltage Profile Improvement Using Cuckoo Search Algorithm," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 68, pp. 233-242, 2015.
- [63] R. Rajaram, K. S. Kumar, and N. Rajasekar, "Power System Reconfiguration in A Radial Distribution Network for Reducing Losses and to Improve Voltage Profile Using Modified Plant Growth Simulation Algorithm with Distributed Generation (DG)," *Energy Reports*, Vol. 1, pp. 116-122, 2015.
- [64] H. Fathabadi, "Power Distribution Network Reconfiguration for Power Loss Minimization Using Novel Dynamic Fuzzy C-Means (DFCM) Clustering Based

- Ann Approach," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 78, pp. 96-107, 2016.
- [65] N. C. Koutsoukis, D. O. Siagkas, P. S. Georgilakis, and N. D. Hatziaargyriou, "Online Reconfiguration of Active Distribution Networks for Maximum Integration of Distributed Generation," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2016.
  - [66] E. Mahboubi-Moghaddam, M. R. Narimani, M. H. Khooban, and A. Azizivahed, "Multi-Objective Distribution Feeder Reconfiguration to Improve Transient Stability, and Minimize Power Loss and Operation Cost Using an Enhanced Evolutionary Algorithm at the Presence Of Distributed Generations," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 76, pp. 35-43, 2016.
  - [67] B. Sultana, M. Mustafa, U. Sultana, and A. R. Bhatti, "Review on Reliability Improvement and Power Loss Reduction in Distribution System via Network Reconfiguration," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 66, pp. 297-310, 2016.
  - [68] M. Abdelaziz, "Distribution Network Reconfiguration Using a Genetic Algorithm with Varying Population Size," *Electric Power Systems Research*, Vol. 142, pp. 9-11, 2017.
  - [69] K. V. P. Rao and V. V. Reddy, "A Review on Distribution Feeder Reconfiguration Methods," 2017.
  - [70] G. Carpinelli, P. Varilone, V. Di Vito, and A. Abur, "Capacitor Placement in Three-Phase Distribution Systems with Nonlinear and Unbalanced Loads," *IEE Proceedings-Generation, Transmission And Distribution*, Vol. 152, pp. 47-52, 2005.
  - [71] I. Szuvovivski, T. Fernandes, and A. Aoki, "Simultaneous Allocation of Capacitors and Voltage Regulators at Distribution Networks Using Genetic Algorithms and Optimal Power Flow," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 40, pp. 62-69, 2012.
  - [72] A. R. Abul'wafa, "Optimal Capacitor Allocation in Radial Distribution Systems For Loss Reduction: A Two Stage Method," *Electric Power Systems Research*, Vol. 95, pp. 168-174, 2013.
  - [73] S. K. Injeti, V. K. Thunuguntla, and M. Shareef, "Optimal Allocation of Capacitor Banks in Radial Distribution Systems for Minimization of Real Power Loss and Maximization of Network Savings Using Bio-Inspired Optimization Algorithms," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 69, pp. 441-455, 2015.
  - [74] Y. M. Shuaib, M. S. Kalavathi, and C. C. A. Rajan, "Optimal Capacitor Placement in Radial Distribution System Using Gravitational Search Algorithm," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 64, pp. 384-397, 2015.
  - [75] A. Abdelaziz, E. Ali, and S. A. Elazim, "Optimal Sizing and Locations of Capacitors in Radial Distribution Systems via Flower Pollination Optimization Algorithm and Power Loss Index," *Engineering Science and Technology, An International Journal*, Vol. 19, pp. 610-618, 2016.
  - [76] E. Ali, S. A. Elazim, and A. Abdelaziz, "Improved Harmony Algorithm for Optimal Locations and Sizing of Capacitors in Radial Distribution Systems," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 79, pp. 275-284, 2016.
  - [77] M. S. S. Azevedo, I. P. Abril, J. C. Leite, and A. B. De Medeiros, "Capacitors Placement by NSGA-II in Distribution Systems with Non-Linear Loads," *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 82, pp. 281-287, 2016.

- [78] N. Gnanasekaran, S. Chandramohan, P. S. Kumar, and A. M. Imran, "Optimal Placement of Capacitors in Radial Distribution System Using Shark Smell Optimization Algorithm," *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 7, pp. 907-916, 2016.
- [79] T. Gozel, M. H. Hocaoglu, U. Eminoglu, and A. Balikci, "Optimal Placement and Sizing of Distributed Generation on Radial Feeder with Different Static Load Models," In *Future Power Systems, 2005 International Conference On*, 2005, pp. 2 Pp.-6.
- [80] H. Hedayati, S. Nabaviniaki, Akbarimajd, and A. Akbarimajd, "A Method for Placement of DG Units in Distribution Networks," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 23, pp. 1620-1628, 2008.
- [81] R. Kamel and B. Kermanshahi, "Optimal Size and Location of Distributed Generations for Minimizing Power Losses in a Primary Distribution Network," *Scientia Iranica. Transaction D, Computer Science & Engineering, Electrical*, Vol. 16, P. 137, 2009.
- [82] L. F. Ochoa, C. J. Dent, and G. P. Harrison, "Distribution Network Capacity Assessment: Variable DG and Active Networks," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 25, pp. 87-95, 2010.
- [83] A. Anwar and H. Pota, "Loss Reduction of Power Distribution Network Using Optimum Size and Location of Distributed Generation," In *Power Engineering Conference (AUPEC), 2011 21st Australasian Universities*, 2011, pp. 1-6.
- [84] M. Aman, G. Jasmon, H. Mokhlis, and A. Bakar, "Optimal Placement and Sizing of a DG Based on a New Power Stability Index And Line Losses," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 43, pp. 1296-1304, 2012.
- [85] K. Balamurugan, D. Srinivasan, and T. Reindl, "Impact of Distributed Generation on Power Distribution Systems," *Energy Procedia*, Vol. 25, pp. 93-100, 2012.
- [86] S. Abdi and K. Afshar, "Application of IPSO-Monte Carlo for Optimal Distributed Generation Allocation and Sizing," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 44, pp. 786-797, 2013.
- [87] M. Aman, G. Jasmon, A. Bakar, and H. Mokhlis, "A New Approach for Optimum DG Placement and Sizing Based on Voltage Stability Maximization and Minimization of Power Losses," *Energy Conversion and Management*, Vol. 70, pp. 202-210, 2013.
- [88] H. Doagou-Mojarrad, G. Gharehpetian, H. Rastegar, and J. Olamaei, "Optimal Placement and Sizing Of DG (Distributed Generation) Units in Distribution Networks by Novel Hybrid Evolutionary Algorithm," *Energy*, Vol. 54, pp. 129-138, 2013.
- [89] D. Q. Hung and N. Mithulananthan, "Multiple Distributed Generator Placement in Primary Distribution Networks for Loss Reduction," *IEEE Transactions On Industrial Electronics*, Vol. 60, pp. 1700-1708, 2013.
- [90] S. K. Injeti and N. P. Kumar, "A Novel Approach to Identify Optimal Access Point and Capacity of Multiple DGs in a Small, Medium and Large Scale Radial Distribution Systems," *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 45, pp. 142-151, 2013.
- [91] S. Kansal, V. Kumar, and B. Tyagi, "Optimal Placement of Different Type of DG Sources in Distribution Networks," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 53, pp. 752-760, 2013.
- [92] P. Kayal and C. Chanda, "Placement of Wind and Solar Based DGs in Distribution System for Power Loss Minimization and Voltage Stability Improvement," *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 53, pp. 795-809, 2013.



- [93] V. Murthy and A. Kumar, "Comparison of Optimal DG Allocation Methods in Radial Distribution Systems Based on Sensitivity Approaches," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 53, pp. 450-467, 2013.
- [94] M. Aman, G. Jasmon, A. Bakar, and H. Mokhlis, "A New Approach for Optimum Simultaneous Multi-DG Distributed Generation Units Placement and Sizing Based on Maximization of System Loadability Using HPSO (Hybrid Particle Swarm Optimization) Algorithm," *Energy*, Vol. 66, pp. 202-215, 2014.
- [95] L. I. Dulău, M. Abrudean, and D. Bică, "Distributed Generation Technologies and Optimization," *Procedia Technology*, Vol. 12, pp. 687-692, 2014.
- [96] M. Iqbal, M. Azam, M. Naeem, A. Khwaja, and A. Anpalagan, "Optimization Classification, Algorithms and Tools for Renewable Energy: A Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 39, pp. 640-654, 2014.
- [97] P. Karimyan, G. Gharehpetian, M. Abedi, and A. Gavili, "Long Term Scheduling for Optimal Allocation and Sizing of DG Unit Considering Load Variations and DG Type," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 54, pp. 277-287, 2014.
- [98] S. Kaur, G. Kumbhar, and J. Sharma, "A MINLP Technique for Optimal Placement of Multiple DG Units in Distribution Systems," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 63, pp. 609-617, 2014.
- [99] S. R. Gampa and D. Das, "Optimum Placement and Sizing of DGs Considering Average Hourly Variations of Load," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 66, pp. 25-40, 2015.
- [100] N. Kanwar, N. Gupta, K. Niazi, and A. Swarnkar, "Simultaneous Allocation of Distributed Resources Using Improved Teaching Learning Based Optimization," *Energy Conversion and Management*, Vol. 103, pp. 387-400, 2015.
- [101] K.-Y. Liu, W. Sheng, Y. Liu, X. Meng, and Y. Liu, "Optimal Siting and Sizing Of DGs In Distribution System Considering Time Sequence Characteristics of Loads and DGs," *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 69, pp. 430-440, 2015.
- [102] R. Viral and D. Khatod, "An Analytical Approach for Sizing and Siting of DGs In Balanced Radial Distribution Networks for Loss Minimization," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 67, pp. 191-201, 2015.
- [103] A. Abd-El-Motaleb and S. K. Bekdach, "Optimal Sizing Of Distributed Generation Considering Uncertainties in a Hybrid Power System," *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 82, pp. 179-188, 2016.
- [104] M. Alotaibi, A. Almutairi, and M. Salama, "Effect of Wind Turbine Parameters on Optimal DG Placement in Power Distribution Systems," In *Electrical Power and Energy Conference (EPEC), 2016 IEEE*, 2016, pp. 1-4.
- [105] V. Mohan, J. G. Singh, W. Ongsakul, and R. S. MP, "Economic and Network Feasible Online Power Management for Renewable Energy Integrated Smart Microgrid," *Sustainable Energy, Grids and Networks*, Vol. 7, pp. 13-24, 2016.
- [106] B. Poornazaryan, P. Karimyan, G. Gharehpetian, and M. Abedi, "Optimal Allocation And Sizing of DG Units Considering Voltage Stability, Losses and Load Variations," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 79, pp. 42-52, 2016.
- [107] P. Prakash and D. K. Khatod, "Optimal Sizing and Siting Techniques for Distributed Generation in Distribution Systems: A Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 57, pp. 111-130, 2016.
- [108] B. Singh, C. Pal, V. Mukherjee, P. Tiwari, M. K. Yadav, and I. S. Member, "Distributed Generation Planning from Power System Performances Viewpoints: A Taxonomical Survey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016.

- [109] U. Sultana, A. B. Khairuddin, A. Mokhtar, N. Zareen, and B. Sultana, "Grey Wolf Optimizer Based Placement and Sizing of Multiple Distributed Generation in the Distribution System," *Energy*, Vol. 111, pp. 525-536, 2016.
- [110] L. Yalamanchili, "Analytical Model for Placing and Sizing Photovoltaic Systems in Electricity Distribution Networks," The University of Texas at San Antonio, 2016.
- [111] E. Ali, S. A. Elazim, and A. Abdelaziz, "Ant Lion Optimization Algorithm for Optimal Location and Sizing of Renewable Distributed Generations," *Renewable Energy*, Vol. 101, pp. 1311-1324, 2017.
- [112] S. K. Injeti, "A Pareto Optimal Approach for Allocation of Distributed Generators in Radial Distribution Systems Using Improved Differential Search Algorithm," *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 2017.
- [113] B. Singh and J. Sharma, "A Review on Distributed Generation Planning," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 76, pp. 529-544, 2017.
- [114] E. Karatepe, F. Ugranlı, and T. Hiyama, "Comparison of Single-And Multiple-Distributed Generation Concepts in Terms of Power Loss, Voltage Profile, and Line Flows Under Uncertain Scenarios," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 48, pp. 317-327, 2015.
- [115] S. A.H. S. A.A. H. Mantawy, *Modern Optimization Techniques with Applications in Electric Power Systems*. Springer New York Heidelberg Dordrecht London: Springer, 2012.
- [116] K. Devabalaji, A. M. Imran, T. Yuvaraj, and K. Ravi, "Power Loss Minimization in Radial Distribution System," *Energy Procedia*, Vol. 79, pp. 917-923, 2015.
- [117] A. R. Jordehi, "Optimisation of Electric Distribution Systems: A Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 51, pp. 1088-1100, 2015.
- [118] A. Al-Dujaili and S. Suresh, "A Naive Multi-Scale Search Algorithm for Global Optimization Problems," *Information Sciences*, Vol. 372, pp. 294-312, 2016.
- [119] M. Sedghi, A. Ahmadian, and M. Aliakbar-Golkar, "Assessment of Optimization Algorithms Capability in Distribution Network Planning: Review, Comparison and Modification Techniques," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 66, pp. 415-434, 2016.
- [120] J. Tang, D. Wang, H. Jia, S. Gao, W. Wang, K. Liu, *Et Al.*, "Surrogate Model Based Optimization of Unbalanced Three-Phase Distribution System for Power Loss Reduction and Voltage Profile Improvement," In *Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT-Asia)*, 2016 IEEE, 2016, pp. 15-22.
- [121] D. C. D. C. A. P. L. N. D. C. R. D. Maia, "Bio-Inspired Multiobjective Clustering Optimization : A Survey and A Proposal," *Artificial Intelligence Research*, Vol. 6, P. 16, 2017.
- [122] B. Martin, F. Glineur, and E. De Jaeger, "A Robust Convex Optimization Framework for Autonomous Network Planning Under Load Uncertainty," *Arxiv Preprint Arxiv:1703.06795*, 2017.
- [123] W. L. Theo, J. S. Lim, W. S. Ho, H. Hashim, and C. T. Lee, "Review Of Distributed Generation (DG) System Planning and Optimisation Techniques: Comparison of Numerical and Mathematical Modelling Methods," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 67, pp. 531-573, 2017.
- [124] M. Zellagui, H. Ahmed Hassan, and A. Youssef Abdelaziz, "Non-Dominated Sorting Gravitational Search Algorithm for Multi-Objective Optimization of Power Transformer Design," *Engineering Review*, Vol. 37, pp. 27-37, 2017.
- [125] H. W. Dommel and W. F. Tinney, "Optimal Power Flow Solutions," *IEEE Transactions On Power Apparatus and Systems*, pp. 1866-1876, 1968.

- [126] W. Sheng, K.Y. Liu, and S. Cheng, "Optimal Power Flow Algorithm and Analysis in Distribution System Considering Distributed Generation," *IET Generation, Transmission & Distribution*, Vol. 8, pp. 261-272, 2014.
- [127] Q. Peng and S. H. Low, "Distributed Algorithm for Optimal Power Flow On An Unbalanced Radial Network," In *Decision and Control (CDC), 2015 IEEE 54th Annual Conference On*, 2015, Pp. 6915-6920.
- [128] A. S. Bouhouras, K. I. Sgouras, P. A. Gkaidatzis, and D. P. Labridis, "Optimal Active and Reactive Nodal Power Requirements Towards Loss Minimization Under Reverse Power Flow Constraint Defining DG Type," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 78, pp. 445-454, 2016.
- [129] M. A. A. Jaskiewicz, "Experimental Analysis of Design Elements of Scalarizing Functions-Based Multiobjective Evolutionary Algorithms," In *Computers & Operations Research*, F. O. C. Poznan University of Technology, Institute of Computing Science, Ed., Ed. Piotrowo 2, 60-965 Poznan, 2017, P. 29.
- [130] K. J. N. V. V. R. K. M. P. K. N., "Clustering Analysis and Its Application In Electrical Distribution System," *International Journal Of Electrical, Electronics And Computer Systems (IJECS)*, Vol. 1, P. 7, 2013.
- [131] H. Salazar, R. Gallego, and R. Romero, "Artificial Neural Networks and Clustering Techniques Applied in the Reconfiguration of Distribution Systems," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 21, pp. 1735-1742, 2006.
- [132] E. C. Bobric, G. Cartina, and G. Grigoras, "Clustering Techniques in Load Profile Analysis for Distribution Stations," *Advances in Electrical and Computer Engineering*, Vol. 9, pp. 63-66, 2009.
- [133] G. Cartina, G. Grigoras, and E. Bobric, "Clustering Techniques for Energy Losses Evaluation in Distribution Networks," In *Powertech, 2009 IEEE Bucharest*, 2009, pp. 1-5.
- [134] G. Cartina, G. Grigoras, E. Bobric, and D. Comanescu, "Improved Fuzzy Load Models by Clustering Techniques in Optimal Planning of Distribution Networks," In *Powertech, 2009 IEEE Bucharest*, 2009, pp. 1-6.
- [135] F. Murtagh and P. Contreras, "Methods of Hierarchical Clustering," *Arxiv Preprint Arxiv:1105.0121*, 2011.
- [136] Y. Wang, J. Jian, X. Zeng, and S. Liu, "Grounding Faulted Feeder Protection in Neutral Noneffectively Grounded Distribution System Based on Hierarchical Clustering Technique," In *Advanced Power System Automation and Protection (Apap), 2011 International Conference On*, 2011, pp. 2128-2133.
- [137] S. Acharya, S. Saha, J. G. Moreno, and G. Dias, "Multi-Objective Search Results Clustering," In *25th International Conference on Computational Linguistics (Coling 2014)*, 2014, pp. 99-108.
- [138] B. Domenech, L. Ferrer-Martí, and R. Pastor, "Hierarchical Methodology to Optimize the Design of Stand-Alone Electrification Systems for Rural Communities Considering Technical and Social Criteria," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 51, pp. 182-196, 2015.
- [139] A. Almalawi, A. Fahad, Z. Tari, A. Alamri, R. Alghamdi, and A. Y. Zomaya, "An Efficient Data-Driven Clustering Technique to Detect Attacks in SCADA Systems," *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol. 11, pp. 893-906, 2016.
- [140] P. Miguel, J. Gonçalves, L. Neves, And A. G. Martins, "Using Clustering Techniques to Provide Simulation Scenarios for the Smart Grid," *Sustainable Cities and Society*, Vol. 26, pp. 447-455, 2016.
- [141] S. Haffner, L. F. A. Pereira, L. A. Pereira, and L. S. Barreto, "Multistage Model for Distribution Expansion Planning with Distributed Generation—Part II:

- Numerical Results," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 23, pp. 924-929, 2008.
- [142] S. Haffner, L. F. A. Pereira, L. A. Pereira, and L. S. Barreto, "Multistage Model for Distribution Expansion Planning with Distributed Generation—Part I: Problem Formulation," *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol. 23, pp. 915-923, 2008.
  - [143] A. Alarcon-Rodriguez, G. Ault, and S. Galloway, "Multi-Objective Planning of Distributed Energy Resources: A Review of The State-of-The-Art," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, pp. 1353-1366, 2010.
  - [144] J. A. Martinez, F. De León, and V. Dinavahi, "Simulation Tools for Analysis of Distribution Systems with Distributed Resources. Present and Future Trends," In *Power and Energy Society General Meeting, 2010 IEEE*, 2010, pp. 1-7.
  - [145] J. Martinez, F. De León, A. Mehrizi-Sani, M. Nehrir, C. Wang, and V. Dinavahi, "Tools for Analysis and Design of Distributed Resources—Part II: Tools for Planning, Analysis and Design of Distribution Networks with Distributed Resources," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 26, pp. 1653-1662, 2011.
  - [146] S. Gopiya Naik, D. Khatod, and M. Sharma, "Planning and Operation of Distributed Generation in Distribution Networks," 2012.
  - [147] R. Viral and D. Khatod, "Optimal Planning of Distributed Generation Systems in Distribution System: A Review," *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16, pp. 5146-5165, 2012.
  - [148] W.S. Tan, M. Y. Hassan, M. S. Majid, and H. A. Rahman, "Optimal Distributed Renewable Generation Planning: A Review of Different Approaches," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 18, pp. 626-645, 2013.
  - [149] S. S. Al Kaabi, H. Zeineldin, and V. Khadkikar, "Planning Active Distribution Networks Considering Multi-DG Configurations," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 29, pp. 785-793, 2014.
  - [150] P. Paliwal, N. Patidar, and R. Nema, "Planning of Grid Integrated Distributed Generators: A Review of Technology, Objectives and Techniques," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 40, pp. 557-570, 2014.
  - [151] S. Soedibyo, R. Stephani, A. A. Fitriana, R. M. A. Sholihah, P. Sulistijono, and Suyanto, "Power Optimization for Adaptive Wind Turbin: Case Study on Islanded And Grid Connected," *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, Vol. 9, pp. 835-843, 2014.
  - [152] Suyanto, S. Soedibyo, And A. A. Firdaus, "Design and Simulation Of Neural Network Predictive Controller Pitch-Angle Permanent Magnetic Synchronous Generator Wind Turbine Variable Pitch System," In *the 1st International Conference On Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE 2014)*, 2014.
  - [153] V. A. Evangelopoulos, P. S. Georgilakis, and N. D. Hatziargyriou, "Optimal Operation of Smart Distribution Networks: A Review of Models, Methods and Future Research," *Electric Power Systems Research*, Vol. 140, pp. 95-106, 2016.
  - [154] R. A. Hincapie, M. Granada, and R. A. Gallego, "Optimal Planning of Secondary Distribution Systems Considering Distributed Generation and Network Reliability," In *Andescon, 2016 IEEE*, 2016, pp. 1-4.
  - [155] A. Lawson, M. Goldstein, and C. Dent, "Bayesian Framework for Power Network Planning Under Uncertainty," *Sustainable Energy, Grids and Networks*, Vol. 7, pp. 47-57, 2016.
  - [156] Q. Li, R. Ayyanar, And V. Vittal, "Convex Optimization for Des Planning and Operation in Radial Distribution Systems with High Penetration of Photovoltaic Resources," *IEEE Transactions On Sustainable Energy*, Vol. 7, pp. 985-995, 2016.
  - [157] R. H. Zubo, G. Mokryani, H.-S. Rajamani, J. Aghaei, T. Niknam, and P. Pillai, "Operation and Planning Of Distribution Networks with Integration of Renewable

- Distributed Generators Considering Uncertainties: A Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016.
- [158] F. D. M. Suyanto, Ontoseno Penangsang , U.P. Dimas Fajar , Adi Soeprijanto, Rony Seto Wibowo, "Wind-PV Hybrid System Modeling Using Bidirectional Converter with MPPT-Dual Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) in Microgrid Isolated System," *Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 11, P. 6, 2016.
  - [159] Suyanto, J. J. Gandhi, O. Penangsang, A. Soeprijanto, and N. K. Aryani, "Life-Cycle Cost Analysis of Laboratory Scale Micro-Grid Operation in Power System Simulation Laboratory Using Homer Simulation," In *Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA)*, 2016 International Seminar On, 2016, pp. 561-564.
  - [160] N. K. A. O. P. S. S. A. S. D. F. U. P. A. R. S. B. P. M. A. F. I. G. A. I. Rambono,, "Solar PV Model for Eco-Garden and Hydroponic Daily Watering Systems," In *The Second Nzaar International Event Series on Natural and Built Environment, Cities, Sustainability and Advanced Engineering*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2016.
  - [161] S. Soedibyo, F. D. Murdianto, S. Suyanto, M. Ashari, and O. Penangsang, "Modeling and Simulation of MPPT-Sepic Combined Bidirectional Control Inverse KY Converter Using ANFIS In Microgrid System," *Indonesian Journal Of Electrical Engineering and Computer Science*, Vol. 1, pp. 264-272, 2016.
  - [162] H. A. M. A. O. P. A. S. Suyanto, "Power Transfer Enhancement in Hybrid AC-DC Microgrids," *Journal Of Engineering And Applied Sciences*, Vol. 11, P. 5, 2016.
  - [163] O. P. S. N. K. A. S. D. F. U. P. A. S. G. H. P. F. S. W. Y. B. H. R. A. Q. Yusrina,, "Optimization of Panel PV Position Using Dual Axis Solar Tracker with Perturb and Observe Method in PV Tower," In *The Second Nzaar International Event Series on Natural And Built Environment, Cities, Sustainability and Advanced Engineering*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2016.
  - [164] S. A. A. Kazmi, M. K. Shahzad, and D. R. Shin, "Multi-Objective Planning Techniques in Distribution Networks: A Composite Review," *Energies*, Vol. 10, P. 208, 2017.
  - [165] N. Mansor and V. Levi, "Integrated Planning of Distribution Networks Considering Utility Planning Concepts," *IEEE Transactions on Power Systems*, 2017.
  - [166] Y. Gao, X. Hu, W. Yang, H. Liang, and P. Li, "Multi-Objective Bi-Level Coordinated Planning Of Distributed Generation and Distribution Network Frame Based on Multi-Scenario Technique Considering Timing Characteristics," *IEEE Transactions On Sustainable Energy*, 2017.
  - [167] Suyanto, Indri Suryawati, Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto, Rony Seto Wibowo ,DF Uman Putra, "Modified Direct-Zbr Method PSO Power Flow Development for Weakly Meshed Active Unbalanced Distribution Systems," *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 9, P. 8, September 2014 2014.
  - [168] Primadita S., Ontoseno Penangsang, Suyanto, "Optimal Power Flow Using Multi-Objective Genetic Algorithm to Minimize Generation Emission and Operational Cost In Micro-Grid," *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, Vol. 3, P. 7, 2014.
  - [169] S. Suyanto, C. Rahmadhani, O. Penangsang, and A. Soeprijanto, "Power-Flow Development Based on the Modified Backward-Forward for Voltage Profile Improvement of Distribution System," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, Vol. 6, pp. 2005-2014, 2016.
  - [170] Y. S. S. O. P. R. S. Wibowo, "Estimation Of Losses in Radial Distribution Network Under Unbalanced Loading Condition Considering Time Varying Load,"

- Presented At The Joint International Conference - The 3rd International Conference on Nano Electronics Research and Education; The 8th Electrical, Electronics, Control, Communication, and Informatics Seminar, Malang, Indonesia, 2016.
- [171] R. S. Rao, K. Ravindra, K. Satish, and S. Narasimham, "Power Loss Minimization in Distribution System Using Network Reconfiguration in the Presence of Distributed Generation," *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 28, pp. 317-325, 2013.
  - [172] G. J. Rosseti, E. J. De Oliveira, L. W. De Oliveira, I. C. Silva, and W. Peres, "Optimal Allocation of Distributed Generation with Reconfiguration in Electric Distribution Systems," *Electric Power Systems Research*, Vol. 103, pp. 178-183, 2013.
  - [173] A. M. Imran, M. Kowsalya, and D. Kothari, "A Novel Integration Technique for Optimal Network Reconfiguration and Distributed Generation Placement in Power Distribution Networks," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 63, pp. 461-472, 2014.
  - [174] S. A. Taher and M. H. Karimi, "Optimal Reconfiguration and DG Allocation in Balanced and Unbalanced Distribution Systems," *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 5, pp. 735-749, 2014.
  - [175] N. Kanwar, N. Gupta, K. Niazi, A. Swarnkar, and R. Bansal, "Application of TLBO for Distribution Network Planning via Coordination of Distributed Generation and Network Reconfiguration," *IFAC-Papersonline*, Vol. 48, pp. 25-30, 2015.
  - [176] A. Bayat, A. Bagheri, and R. Noroozian, "Optimal Siting and Sizing Of Distributed Generation Accompanied by Reconfiguration of Distribution Networks for Maximum Loss Reduction By Using A New UVDA-Based Heuristic Method," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 77, pp. 360-371, 2016.
  - [177] R. Chidanandappa and T. Ananthapadmanabha, "An Integrated Gravitational Search Multi-Objective Algorithm for Distribution Network Feeder Reconfiguration with DGs," In *Electrical, Electronics, And Optimization Techniques (ICEEOT), International Conference on*, 2016, pp. 1973-1979.
  - [178] N. Kanwar, N. Gupta, K. Niazi, and A. Swarnkar, "An Integrated Approach for Distributed Resource Allocation and Network Reconfiguration Considering Load Diversity Among Customers," *Sustainable Energy, Grids and Networks*, Vol. 7, pp. 37-46, 2016.
  - [179] A. Lotfipour and H. Afrakhte, "A Discrete Teaching–Learning–Based Optimization Algorithm to Solve Distribution System Reconfiguration in Presence of Distributed Generation," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 82, pp. 264-273, 2016.
  - [180] T. T. Nguyen, A. V. Truong, and T. A. Phung, "A Novel Method Based on Adaptive Cuckoo Search for Optimal Network Reconfiguration and Distributed Generation Allocation in Distribution Network," *International Journal Of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 78, pp. 801-815, 2016.
  - [181] M. Kalantar and R. Dashti, "Combination of Network Reconfiguration and Capacitor Placement for Loss Reduction in Distribution System with Based Genetic Algorithm," In *Universities Power Engineering Conference, 2006. UPEC'06. Proceedings of The 41st International*, 2006, pp. 308-312.
  - [182] C.F. Chang, "Reconfiguration and Capacitor Placement for Loss Reduction of Distribution Systems by Ant Colony Search Algorithm," *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 23, pp. 1747-1755, 2008.

- [183] L. W. De Oliveira, S. Carneiro, E. J. De Oliveira, J. Pereira, I. C. Silva, and J. S. Costa, "Optimal Reconfiguration and Capacitor Allocation in Radial Distribution Systems for Energy Losses Minimization," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 32, Pp. 840-848, 2010.
- [184] V. Farahani, S. Sadeghi, H. Askarian, S. Hosseini, and K. Mazlumi, "Maximum Loss Reduction by An Improved Reconfiguration Method and Capacitor Placement," In *Power and Energy (PECON), 2010 IEEE International Conference On*, 2010, pp. 270-275.
- [185] M. Kasaei and M. Gandomkar, "Loss Reduction in Distribution Network Using Simultaneous Capacitor Placement and Reconfiguration with Ant Colony Algorithm," In *Power And Energy Engineering Conference (APPEEC), 2010 Asia-Pacific*, 2010, pp. 1-4.
- [186] M. A. Guimaraes and C. A. Castro, "An Efficient Method for Distribution Systems Reconfiguration and Capacitor Placement Using A Chu-Beasley Based Genetic Algorithm," In *Powertech, 2011 IEEE Trondheim*, 2011, pp. 1-7.
- [187] S. Madeiro, E. Galvao, C. Cavellucci, C. Lyra, and F. Von Zuben, "Simultaneous Capacitor Placement and Reconfiguration for Loss Reduction in Distribution Networks by A Hybrid Genetic Algorithm," In *Evolutionary Computation (CEC), 2011 IEEE Congress on*, 2011, pp. 2178-2185.
- [188] P. Rezaei, M. Vakilian, and E. Hajipour, "Reconfiguration and Capacitor Placement in Radial Distribution Systems for Loss Reduction and Reliability Enhancement," In *Intelligent System Application To Power Systems (ISAP), 2011 16th International Conference On*, 2011, Pp. 1-6.
- [189] V. Farahani, B. Vahidi, and H. A. Abyaneh, "Reconfiguration and Capacitor Placement Simultaneously for Energy Loss Reduction Based on An Improved Reconfiguration Method," *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 27, pp. 587-595, 2012.
- [190] H. R. Esmaeilian and R. Fadaeinedjad, "Distribution System Efficiency Improvement Using Network Reconfiguration and Capacitor Allocation," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 64, pp. 457-468, 2015.
- [191] M. Sedighizadeh, "Optimal Reconfiguration and Capacitor Allocation in Radial Distribution Systems Using the Hybrid Shuffled Frog Leaping Algorithm in the Fuzzy Framework," *Journal of Operation and Automation in Power Engineering*, Vol. 3, Pp. 56-70, 2015.
- [192] F. Sayadi, S. Esmaeili, and F. Keynia, "Feeder Reconfiguration and Capacitor Allocation in the Presence of Non-Linear Loads Using New P-PSO Algorithm," *IET Generation, Transmission & Distribution*, Vol. 10, pp. 2316-2326, 2016.
- [193] M. Sedighizadeh and R. Bakhtiary, "Optimal Multi-Objective Reconfiguration and Capacitor Placement of Distribution Systems with the Hybrid Big Bang–Big Crunch Algorithm in The Fuzzy Framework," *Ain Shams Engineering Journal*, Vol. 7, pp. 113-129, 2016.
- [194] S. Sultana and P. K. Roy, "Oppositional Krill Herd Algorithm for Optimal Location of Capacitor with Reconfiguration in Radial Distribution System," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 74, pp. 78-90, 2016.
- [195] M. Kalantari and A. Kazemi, "Placement of Distributed Generation Unit and Capacitor Allocation in Distribution Systems Using Genetic Algorithm," In *Environment And Electrical Engineering (EEEIC), 2011 10th International Conference On*, 2011, pp. 1-5.

- [196] M. Wang and J. Zhong, "A Novel Method for Distributed Generation and Capacitor Optimal Placement Considering Voltage Profiles," In *Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE*, 2011, pp. 1-6.
- [197] A. Mohapatra, S. Behera, S. Nayak, and B. Panigrahi, "A Study on DG and Capacitor Placement IN Radial Distribution System," In *Power Electronics, Drives And Energy Systems (PEDES), 2012 IEEE International Conference On*, 2012, pp. 1-6.
- [198] S. G. Naik, D. Khatod, and M. Sharma, "Optimal Allocation of Combined DG and Capacitor for Real Power Loss Minimization in Distribution Networks," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 53, pp. 967-973, 2013.
- [199] N. Jain, S. Singh, and S. Srivastava, "PSO Based Placement of Multiple Wind DGs and Capacitors Utilizing Probabilistic Load Flow Model," *Swarm And Evolutionary Computation*, Vol. 19, pp. 15-24, 2014.
- [200] M. Kowsalya, "Optimal Distributed Generation and Capacitor Placement in Power Distribution Networks for Power Loss Minimization," In *Advances in Electrical Engineering (ICAEE), 2014 International Conference On*, 2014, Pp. 1-6.
- [201] M. H. Moradi, A. Zeinalzadeh, Y. Mohammadi, and M. Abedini, "An Efficient Hybrid Method for Solving the Optimal Siting and Sizing Problem Of DG and Shunt Capacitor Banks Simultaneously Based on Imperialist Competitive Algorithm and Genetic Algorithm," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 54, pp. 101-111, 2014.
- [202] A. Zeinalzadeh, Y. Mohammadi, and M. H. Moradi, "Optimal Multi Objective Placement and Sizing Of Multiple DGs And Shunt Capacitor Banks Simultaneously Considering Load Uncertainty via MOPSO Approach," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 67, pp. 336-349, 2015.
- [203] K. Muthukumar and S. Jayalalitha, "Optimal Placement and Sizing Of Distributed Generators and Shunt Capacitors for Power Loss Minimization in Radial Distribution Networks Using Hybrid Heuristic Search Optimization Technique," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 78, pp. 299-319, 2016.
- [204] M. Sarlack and V. Amir, "Placement of Distributed Generation Unit and Capacitor Allocation in Distribution Systems Using PSO Algorithm And Bat Algorithm," *MAJLESI Journal Of Energy Management*, Vol. 5, 2016.
- [205] R. J. C. Gallano and A. C. Nerves, "Multi-Objective Optimization of Distribution Network Reconfiguration with Capacitor and Distributed Generator Placement," in *Tencon 2014-2014 IEEE Region 10 Conference*, 2014, Pp. 1-6.
- [206] D. P. M. J. M. Ramirez, "A Joint Optimization Solution for Reconfiguration, Capacitor, and DG Allocation in Distribution Systems," Presented at the 2014 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition, America Latin, 2014.
- [207] A. Saonerkar and B. Bagde, "Optimized DG Placement in Radial Distribution System with Reconfiguration and Capacitor Placement Using Genetic Algorithm," in *Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT), 2014 International Conference On*, 2014, pp. 1077-1083.
- [208] K. Muthukumar and S. Jayalalitha, "Integrated Approach of Network Reconfiguration with Distributed Generation and Shunt Capacitors Placement for Power Loss Minimization in Radial Distribution Networks," *Applied Soft Computing*, 2016.
- [209] H. L. Willis, *Power Distribution Planning Reference Book*: CRC Press, 2004.
- [210] B. Meehan, *GIS for Enhanced Electric Utility Performance*: Artech House, 2013.



- [211] S. A. A. Kazmi, M. K. Shahzad, A. Z. Khan, and D. R. Shin, "Smart Distribution Networks: A Review of Modern Distribution Concepts from a Planning Perspective," *Energies*, Vol. 10, P. 501, 2017.
- [212] J. Gers, *Distribution System Analysis and Automation: The Institution Of Engineering And Technology*, 2013.
- [213] W. H. Kersting, "Distribution System Modeling and Analysis," In *Electric Power Generation, Transmission, and Distribution, Third Edition*, Ed: CRC Press, 2012, pp. 1-58.
- [214] B. Venkatesh, "Optimal Power Flow in Radial Distribution Systems," In *IPEC, 2010 Conference Proceedings*, 2010, pp. 18-21.
- [215] S. Frank, I. Steponavice, and S. Rebennack, "Optimal Power Flow: A Bibliographic Survey I," *Energy Systems*, Vol. 3, pp. 221-258, 2012.
- [216] S. Frank, I. Steponavice, and S. Rebennack, "Optimal Power Flow: A Bibliographic Survey II," *Energy Systems*, Vol. 3, pp. 259-289, 2012.
- [217] L. Bai And J. Liang, "The K-Modes Type Clustering plus Between-Cluster Information for Categorical Data," *Neurocomputing*, Vol. 133, pp. 111-121, 2014.
- [218] Z. Zhou and S. Zhu, "Kernel-Based Multiobjective Clustering Algorithm with Automatic Attribute Weighting," *Soft Computing*, Pp. 1-25, 2017.
- [219] E. Y. Chan, W. K. Ching, M. K. Ng, and J. Z. Huang, "An Optimization Algorithm for Clustering Using Weighted Dissimilarity Measures," *Pattern Recognition*, Vol. 37, pp. 943-952, 2004.
- [220] S.-C. Wang, "Hierarchical Clustering in Power System Based on Fuzzy Transitive Closure," *WSEAS Transactions On Circuits And Systems*, Vol. 10, pp. 331-342, 2011.
- [221] T. Ackermann, G. Andersson, and L. Söder, "Distributed Generation: A Definition," *Electric Power Systems Research*, Vol. 57, pp. 195-204, 2001.
- [222] V. K. M. R. Mehta, *Principles Of Power System*, 5 Ed.: Schand, 2005.
- [223] T. A. Short, *Electric Power Distribution Handbook*: CRC Press, 2014.
- [224] S. B. Dasan, S. S. Ramalakshmi, and R. K. Devi, "Optimal Siting and Sizing Of Hybrid Distributed Generation Using EP," in *Power Systems, 2009. ICPS'09. International Conference On*, 2009, pp. 1-6.
- [225] S. Jain, S. Kalambe, G. Agnihotri, and A. Mishra, "Distributed Generation Deployment: State-of-the-Art of Distribution System Planning In Sustainable Era," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 77, pp. 363-385, 2017.
- [226] S. N. Singh, "Distributed Generation in Power Systems: An Overview and Key Issues," In *24th Indian Engineering Congress*, 2009.
- [227] D. Q. Hung, N. Mithulananthan, and R. Bansal, "Analytical Expressions for DG Allocation in Primary Distribution Networks," *IEEE Transactions On Energy Conversion*, Vol. 25, pp. 814-820, 2010.
- [228] D. Cornforth, S. Sayeef, and T. Moore, "Beyond Overcurrent Protection: Distributed Generation in the Future Grid," In *Innovative Smart Grid Technologies Asia (ISGT), 2011 IEEE PES*, 2011, pp. 1-8.
- [229] N. Acharya, P. Mahat, and N. Mithulananthan, "An Analytical Approach for DG Allocation in Primary Distribution Network," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 28, pp. 669-678, 2006.
- [230] J.H. Teng, "A Network-Topology-Based Three-Phase Load Flow For Distribution System," *Source: Proceedings of the National Science Council, Republic of China, Part A: Physical Science and Engineering*, Vol. 24, pp. 259-264, 2000.
- [231] D. Das, H. Nagi, and D. Kothari, "Novel Method for Solving Radial Distribution Networks," *IEE Proceedings-Generation, Transmission And Distribution*, Vol. 141, pp. 291-298, 1994.

- [232] D. Rajicic and A. Bose, "A Modification to the Fast Decoupled Power Flow for Networks With High R/X Ratios," *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 3, pp. 743-746, 1988.
- [233] S. Iwamoto and Y. Tamura, "A Load Flow Calculation Method For Ill-Conditioned Power Systems," *IEEE Transactions On Power Apparatus And Systems*, pp. 1736-1743, 1981.
- [234] S. Tripathy, G. D. Prasad, O. Malik, and G. Hope, "Load-Flow Solutions For Ill-Conditioned Power Systems by A Newton-Like Method," *IEEE Transactions On Power Apparatus and Systems*, pp. 3648-3657, 1982.
- [235] D. Shirmohammadi, H. W. Hong, A. Semlyen, and G. Luo, "A Compensation-Based Power Flow Method for Weakly Meshed Distribution and Transmission Networks," *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 3, pp. 753-762, 1988.
- [236] W. Kersting, "A Method to Teach The Design and Operation of a Distribution System," *IEEE Transactions On Power Apparatus and Systems*, pp. 1945-1952, 1984.
- [237] S. E. Mok, Cao Longjian, Mma Salama, Samuel, "A New Approach for Power Flow Analysis of Balanced Radial Distribution Systems," *Electric Machines & Power Systems*, Vol. 28, pp. 325-340, 2000.
- [238] M. Selvan and K. Swarup, "Object Modeling of Balanced and Unbalanced Distribution Systems for Power Flow Analysis," *Electric Power Components and Systems*, Vol. 34, pp. 191-215, 2006.
- [239] A. R. Abul'wafa, "A Network-Topology-Based Load Flow for Radial Distribution Networks with Composite and Exponential Load," *Electric Power Systems Research*, Vol. 91, pp. 37-43, 2012.
- [240] G. Chang, S. Chu, and H. Wang, "An Improved Backward/Forward Sweep Load Flow Algorithm for Radial Distribution Systems," *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 22, Pp. 882-884, 2007.
- [241] A. Rana, J. Darji, and M. Pandya, "Backward/Forward Sweep Load Flow Algorithm for Radial Distribution System," *IJSRD*, Vol. 2, pp. 398-400, 2014.
- [242] U. Eminoglu and M. Hocaoglu, "A Robust Power Flow Algorithm for Radial Distribution Systems," In *Power Tech, 2005 IEEE Russia*, 2005, pp. 1-7.
- [243] C. Radhakrishna, H. Jain, and P. P. Reddy, "Load Flow Method for Radial and Weakly-Meshed Networks: Concept of Duality," In *Power Systems Conference And Exposition, 2009. Psce'09. IEEE/PES*, 2009, pp. 1-9.
- [244] P. R. Babu, M. Kumar, V. S. Hemachandra, and M. Vanamali, "A Novel Power Flow Solution Methodology for Radial Distribution Systems," In *Computational Technologies in Electrical And Electronics Engineering (SIBIRCON), 2010 IEEE Region 8 International Conference On*, 2010, pp. 507-512.
- [245] L. Zhang, Y. Zhao, S. Wang, and W. Tang, "A Novel Hybrid Power Flow Algorithm for Distribution System with DGs," In *Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2010 Asia-Pacific*, 2010, pp. 1-5.
- [246] D. Sharma, A. Chaturvedi, G. Purohit, and G. Prasad, "An Improved Mechanism of Leaf Node Identification for Radial Distribution Networks," In *Power and Energy Conference At Illinois (PECI), 2011 IEEE*, 2011, pp. 1-3.
- [247] A. Hamouda and K. Zehar, "Improved Algorithm for Radial Distribution Networks Load Flow Solution," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 33, pp. 508-514, 2011.
- [248] K. D. Mistry and R. Roy, "Load Flow Solution for Ill-Condition Radial Distribution Network Including Static Load Model and Daily Load Values," In *Environment And Electrical Engineering (EEEIC), 2011 10th International Conference On*, 2011, pp. 1-4.

- [249] M. E. Baran and F. F. Wu, "Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 4, pp. 1401-1407, 1989.
- [250] F. S. Abu-Mouti and M. E. El-Hawary, "A New and Fast Power Flow Solution Algorithm for Radial Distribution Feeders Including Distributed Generations," In *Systems, Man And Cybernetics, 2007. ISIC. IEEE International Conference On*, 2007, pp. 2668-2673.
- [251] J. Grainger and S. Lee, "Capacity Release by Shunt Capacitor Placement on Distribution Feeders: A New Voltage-Dependent Model," *IEEE Transactions On Power Apparatus And Systems*, pp. 1236-1244, 1982.
- [252] M. Baran and F. F. Wu, "Optimal Sizing of Capacitors Placed On A Radial Distribution System," *IEEE Transactions On Power Delivery*, Vol. 4, Pp. 735-743, 1989.
- [253] H. Boucekara, M. Abido, And M. Boucherma, "Optimal Power Flow Using Teaching-Learning-Based Optimization Technique," *Electric Power Systems Research*, Vol. 114, pp. 49-59, 2014.
- [254] T. Gonen, *Electric Power Distribution Engineering*: Crc Press, 2016.
- [255] N. Koutsoukis, P. Georgilakis, and N. Hatziaegyriou, "A Tabu Search Method for Distribution Network Planning Considering Distributed Generation And Uncertainties," In *Probabilistic Methods Applied To Power Systems (PMAPS), 2014 International Conference On*, 2014, pp. 1-6.
- [256] S. A. F. F. Y. P. E. P. S. N. K. A. O. P. A. S. T. K. A. H. W. A. R. Hidayatullah, "Optimization Sizing and Placement Distributed Generationwith Determination Network Reconfiguration and Capacitor Bank Simultaneously to Maximize Active Power Output of Distributed Generation Using Genetic Algorithm Method," in *The Second NZAAR International Event Series on Natural and Built Environment, Cities, Sustainability and Advanced Engineering*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2016, pp. 170-180.

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## **LAMPIRAN**

### **Lampiran – 1**

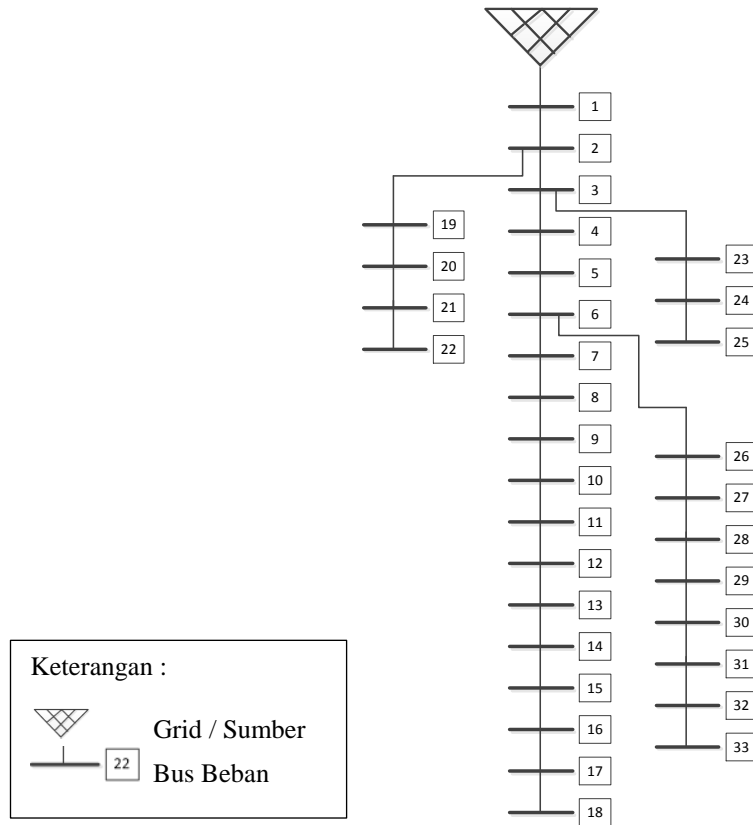
#### **Identifikasi Jaringan RDS**

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## Jaringan Standar - Sistem IEEE-33 Bus

### Diagram Saluran Tunggal (*Single line diagram-SLD*)

Sistem IEEE 33 bus merupakan *salah satu jaringan RDS* yang akan digunakan sebagai obyek simulasi dan pemodelan pada DSS-CP berbasis HCT.



## Data Saluran

Saluran		Impedansi	
Bus Kirim	Bus Terima	r	x
1	2	0.0922	0.0470
2	3	0.4930	0.2511
3	4	0.3660	0.1864
4	5	0.3811	0.1941
5	6	0.8190	0.7070
6	7	0.1872	0.6188
7	8	0.7144	0.2351
8	9	1.0300	0.7400
9	10	1.0440	0.7400
10	11	0.1966	0.0650
11	12	0.3744	0.1238
12	13	1.4680	1.1550
13	14	0.5416	0.7129
14	15	0.5910	0.5260
15	16	0.7463	0.5450
16	17	1.2890	1.7210
17	18	0.7320	0.5740
2	19	0.1640	0.1565
19	20	1.5042	1.3554
20	21	0.4095	0.4784
21	22	0.7089	0.9373
3	23	0.4512	0.3083
23	24	0.8980	0.7091
24	25	0.8960	0.7011
6	26	0.2030	0.1034
26	27	0.2842	0.1447
27	28	1.0590	0.9337
28	29	0.8042	0.7006
29	30	0.5075	0.2585
30	31	0.9744	0.9630
31	32	0.3105	0.3619
32	33	0.3410	0.5302



## Data Beban

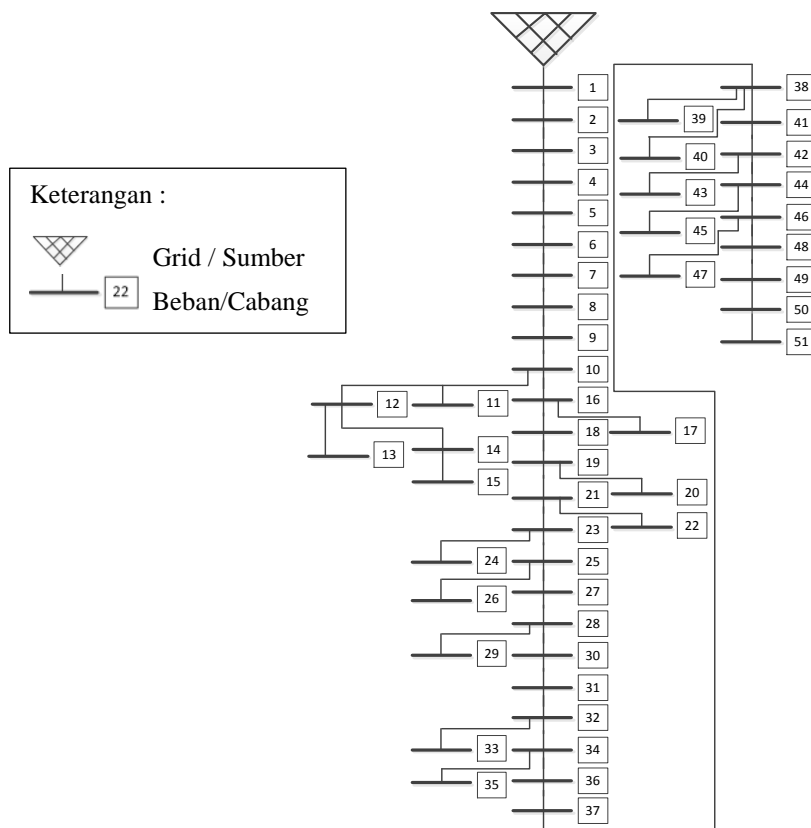
Bus	Beban	
	P (MW)	Q(MVAR)
1	0.0000	0.0000
2	0.1000	0.0600
3	0.0900	0.0400
4	0.1200	0.0800
5	0.0600	0.0300
6	0.0600	0.0200
7	0.2000	0.1000
8	0.2000	0.1000
9	0.0600	0.0200
10	0.0600	0.0200
11	0.0450	0.0300
12	0.0600	0.0350
13	0.0600	0.0350
14	0.1200	0.0800
15	0.0600	0.0100
16	0.0600	0.0200
17	0.0600	0.0200
18	0.0900	0.0400
19	0.0900	0.0400
20	0.0900	0.0400
21	0.0900	0.0400
22	0.0900	0.0400
23	0.0900	0.0500
24	0.4200	0.2000
25	0.4200	0.2000
26	0.0600	0.0250
27	0.0600	0.0250
28	0.0600	0.0200
29	0.1200	0.0700
30	0.2000	0.6000
31	0.1500	0.0700
32	0.2100	0.1000
33	0.0600	0.0400
Total	3.7150	2.3000

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## Jaringan Riil - Penyulang Basuki Rahmat-51 Bus

### Diagram Saluran Tunggal (*Single line diagram-SLD*)

Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan salah satu jaringan RDS yang akan digunakan sebagai obyek simulasi dan pemodelan pada Simulator DSS-CP berbasis HCT.



## Data Saluran

Saluran		Impedansi (ohm)	
Bus Kirim	Bus Terima	r	x
1	2	0.021476	0.010738
2	3	0.002039	0.00102
3	4	0.001351	0.000675
4	5	0.002843	0.001422
5	6	0.008388	0.004194
6	7	0.010741	0.005371
7	8	0.014902	0.007451
8	9	0.002555	0.001278
9	10	0.00681	0.003405
10	11	0.002673	0.001336
10	12	0.007266	0.003633
12	13	0.000842	0.000421
13	14	0.002591	0.001295
14	15	0.007151	0.003575
10	16	0.004894	0.002447
16	17	0.004473	0.002237
16	18	0.005034	0.002517
18	19	0.009855	0.004928
19	20	0.003678	0.001839
19	21	0.004327	0.002164
21	22	0.001741	0.00087
21	23	0.003261	0.001631
23	24	0.005131	0.002566
23	25	0.006283	0.003141
25	26	0.005351	0.002675
25	27	0.00265	0.001325
27	28	0.002803	0.001401
28	29	0.001302	0.000651
28	30	0.004422	0.002211
30	31	0.009406	0.004703
31	32	0.001884	0.000942
32	33	0.002472	0.001236
32	34	0.003305	0.001653
34	35	0.002489	0.001244
34	36	0.004525	0.002263
36	37	0.003537	0.001769
36	38	0.005295	0.002647
38	39	0.002961	0.001481
38	40	0.00678	0.00339
38	41	0.004649	0.002324
41	42	0.00787	0.003935
42	43	0.001297	0.000648
42	44	0.003561	0.00178
44	45	0.002609	0.001305
44	46	0.000728	0.000364
46	47	0.000426	0.000213
46	48	0.005398	0.002699
48	49	0.0074	0.0037
49	50	0.004528	0.002264
50	51	0.003781	0.001891

## Data Beban

Bus	Beban	
	P (MW)	Q(MVAR)
1	0.0000	0.0000
2	0.17	0.105
3	0.136	0.084
4	0.213	0.132
5	0.136	0.084
6	0.085	0.053
7	0.17	0.105
8	0.042	0.026
9	0.213	0.132
10	0	0
11	0.085	0.053
12	0	0
13	0.064	0.04
14	0.136	0.084
15	0.944	0.585
16	0	0
17	0.085	0.053
18	0.085	0.053
19	0	0
20	0.425	0.263
21	0	0
22	0.17	0.105
23	0	0
24	0.587	0.363
25	0	0
26	1.853	1.148
27	0.128	0.079
28	0	0
29	0.944	0.585
30	0.068	0.042
31	0.064	0.04
32	0	0
33	0.213	0.132
34	0	0
35	0.085	0.053
36	0	0
37	0.587	0.363
38	0	0
39	0.349	0.216
40	0.128	0.079
41	0.136	0.084
42	0	0
43	0.17	0.105
44	0	0
45	0.293	0.182
46	0	0
47	0.136	0.084
48	0.136	0.084
49	0.136	0.084
50	0.128	0.079
51	0.085	0.053
Total	9.385	5.812

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## **Lampiran – 2**

### **Validasi Jaringan RDS Pada Simulator DSS – CP Berbasis HCT**

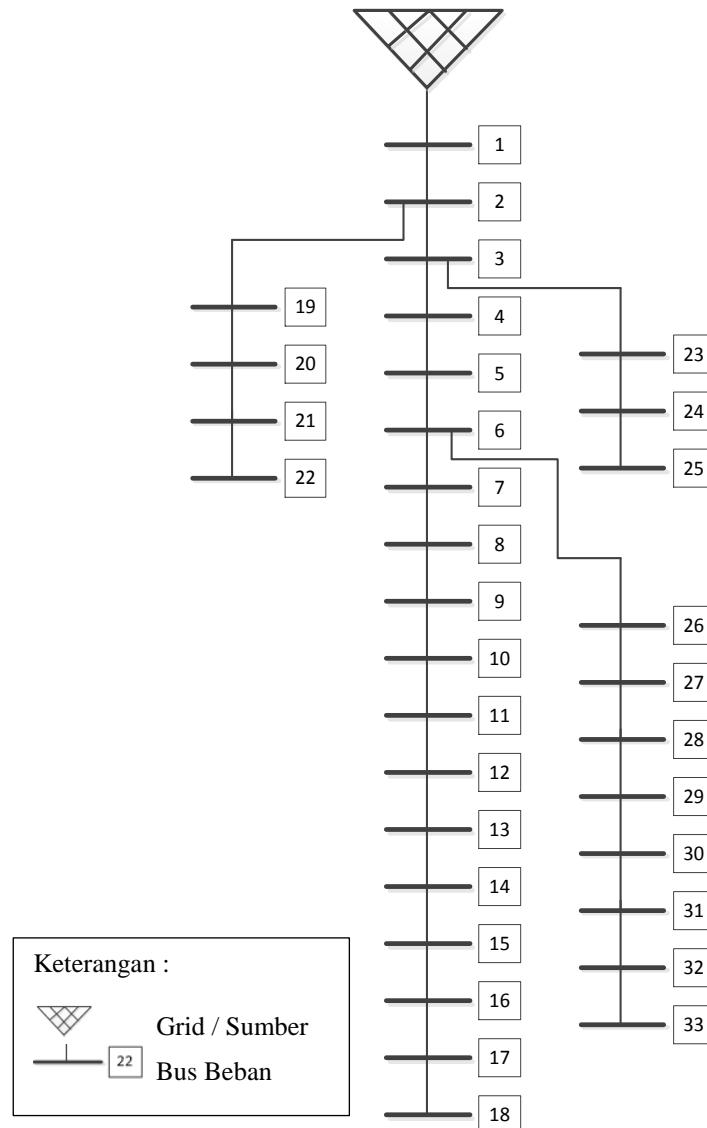
< halaman ini sengaja dikosongkan >



### Jaringan Standar – Sistem IEEE – 33 Bus

Jaringan distribusi RDS - SISTEM IEEE – 33 BUS dengan rating tegangan 12,66 kV berbentuk radial. SISTEM IEEE – 30 BUS merupakan sistem tiga fasa seimbang, dimana fasa dari R, S dan T mempunyai nilai impedansi dan nilai pembebanan yang sama.

### Single Line Diagram Sistem IEEE-33 Bus



## Data Saluran

Saluran		Impedansi	
Bus Kirim	Bus Terima	r	x
1	2	0.0922	0.0470
2	3	0.4930	0.2511
3	4	0.3660	0.1864
4	5	0.3811	0.1941
5	6	0.8190	0.7070
6	7	0.1872	0.6188
7	8	0.7144	0.2351
8	9	1.0300	0.7400
9	10	1.0440	0.7400
10	11	0.1966	0.0650
11	12	0.3744	0.1238
12	13	1.4680	1.1550
13	14	0.5416	0.7129
14	15	0.5910	0.5260
15	16	0.7463	0.5450
16	17	1.2890	1.7210
17	18	0.7320	0.5740
2	19	0.1640	0.1565
19	20	1.5042	1.3554
20	21	0.4095	0.4784
21	22	0.7089	0.9373
3	23	0.4512	0.3083
23	24	0.8980	0.7091
24	25	0.8960	0.7011
6	26	0.2030	0.1034
26	27	0.2842	0.1447
27	28	1.0590	0.9337
28	29	0.8042	0.7006
29	30	0.5075	0.2585
30	31	0.9744	0.9630
31	32	0.3105	0.3619
32	33	0.3410	0.5302

## Data Beban

Bus	Beban	
	P (MW)	Q(MVAR)
1	0.0000	0.0000
2	0.1000	0.0600
3	0.0900	0.0400
4	0.1200	0.0800
5	0.0600	0.0300
6	0.0600	0.0200
7	0.2000	0.1000
8	0.2000	0.1000
9	0.0600	0.0200
10	0.0600	0.0200
11	0.0450	0.0300
12	0.0600	0.0350
13	0.0600	0.0350
14	0.1200	0.0800
15	0.0600	0.0100
16	0.0600	0.0200
17	0.0600	0.0200
18	0.0900	0.0400
19	0.0900	0.0400
20	0.0900	0.0400
21	0.0900	0.0400
22	0.0900	0.0400
23	0.0900	0.0500
24	0.4200	0.2000
25	0.4200	0.2000
26	0.0600	0.0250
27	0.0600	0.0250
28	0.0600	0.0200
29	0.1200	0.0700
30	0.2000	0.6000
31	0.1500	0.0700
32	0.2100	0.1000
33	0.0600	0.0400
Total	3.7150	2.3000

### Validasi Penyulang Sistem IEEE – 33 Bus – Tegangan Setiap Bus

Bus	Tegangan (p.u)		
	MATLAB	ETAP	Error (%)
1	1	1	0
2	0.997032385	0.997032246	0.0000139432
3	0.982937599	0.982937896	0.0000297708
4	0.975456556	0.975456272	0.0000283986
5	0.968059242	0.968059035	0.0000206883
6	0.949657978	0.949657856	0.0000121827
7	0.946172196	0.946172263	0.0000066626
8	0.941310427	0.941310317	0.0000110010
9	0.935041074	0.935041125	0.0000050880
10	0.929225908	0.929226058	0.0000149683
11	0.928365719	0.928366035	0.0000316443
12	0.926866509	0.926866424	0.0000084233
13	0.920753555	0.920753211	0.0000343630
14	0.918486572	0.91848641	0.0000162007
15	0.91707425	0.917074068	0.0000181235
16	0.915706161	0.91570612	0.0000040775
17	0.913678515	0.913678865	0.0000349911
18	0.91307188	0.913071786	0.0000094243
19	0.996503949	0.996503882	0.0000067495
20	0.99292654	0.992926286	0.0000254505
21	0.992221959	0.992221782	0.0000176867
22	0.991584518	0.991584363	0.0000155081
23	0.979352291	0.97935217	0.0000120619
24	0.972680885	0.972681013	0.0000128412
25	0.96935624	0.969356024	0.0000215855
26	0.947728278	0.947728588	0.0000310057
27	0.945165087	0.945164841	0.0000245613
28	0.933725118	0.933725254	0.0000135347
29	0.925507109	0.925507148	0.0000039305
30	0.921949447	0.921949727	0.0000279460
31	0.91778831	0.917788554	0.0000244603
32	0.916872828	0.916873133	0.0000304749
33	0.916589258	0.916589489	0.0000231345

### Validasi Penyulang Sistem IEEE – 33 Bus – Arus Setiap Saluran

Saluran	Arus (A)		
	MATLAB	ETAP	Error (%)
1	210.365281656	210.365200000	0.000038816
2	210.365281656	210.365200000	0.000038816
3	187.131192325	187.131200000	0.000004101
4	134.627396378	134.627400000	0.000002690
5	127.888484753	127.888500000	0.000011922
6	124.769495328	124.769500000	0.000003744
7	58.387947124	58.387970000	0.000039179
8	47.612661756	47.612670000	0.000017316
9	36.782863616	36.782860000	0.000009829
10	33.719307239	33.719310000	0.000008187
11	30.640398017	30.640390000	0.000026164
12	28.009241722	28.009240000	0.000006146
13	24.605627448	24.605620000	0.000030270
14	21.184626975	21.184620000	0.000032927
15	14.189685842	14.189690000	0.000029305
16	11.212565419	11.212570000	0.000040860
17	8.066897526	8.066899000	0.000018277
18	4.919110869	4.919112000	0.000022991
19	18.087086208	18.087090000	0.000020966
20	13.579830824	13.579830000	0.000006071
21	9.056331939	9.056334000	0.000022760
22	4.529620991	4.529622000	0.000022279
22	48.481900901	48.481890000	0.000022484
23	43.695631447	43.695620000	0.000026198
24	21.885223266	21.885220000	0.000014925
25	65.351121090	65.351090000	0.000047574
26	62.486181609	62.486150000	0.000050585
27	59.641317066	59.641280000	0.000062149
28	56.981156480	56.981120000	0.000064021
29	50.583923819	50.583910000	0.000027320
30	23.348863397	23.348830000	0.000143035
31	15.128554634	15.128550000	0.000030629
32	3.587835033	3.587834000	0.000028795
29	50.583923819	50.583910000	0.000027320
30	23.348863397	23.348830000	0.000143035
31	15.128554634	15.128550000	0.000030629
32	3.587835033	3.587834000	0.000028795

### Validasi Penyulang Sistem IEEE – 33 Bus – Rugi-Rugi Daya Aktif

Saluran	Rugi-Rugi Daya Aktif (kW)		
	MATLAB (kW)	ETAP (kW)	Error (%)
1	12.2405300000	12.24053241	0.0000196683
2	51.7917300000	51.79174497	0.0000288956
3	0.1609543000	0.160954202	0.0000607336
4	19.9007300000	19.90074037	0.0000521055
5	3.1816280000	3.181629646	0.0000517394
6	18.6992000000	18.6992026	0.0000139043
7	38.2491600000	38.24916805	0.0000210503
8	1.9145810000	1.914579971	0.0000537650
9	2.6008950000	2.600898338	0.0001283364
10	4.8585630000	4.858560587	0.0000496644
11	4.1807060000	4.180705282	0.0000171672
12	3.5610580000	3.561057944	0.0000015736
13	0.5537242000	0.553724288	0.0000158327
14	0.8811699000	0.881170193	0.0000332311
15	2.6663430000	2.666344117	0.0000418887
16	0.7291912000	0.729191425	0.0000308499
17	0.3569886000	0.356988558	0.0000118387
18	0.2814782000	0.281478142	0.0000204880
19	0.2516445000	0.25164439	0.0000438674
20	0.0531380700	0.053138043	0.0000503861
21	0.8321772000	0.832176712	0.0000586131
22	0.1007581000	0.100758067	0.0000332032
22	0.0436345200	0.043634496	0.0000558629
23	5.1436730000	5.143676311	0.0000643739
24	1.2874520000	1.287452537	0.0000417152
25	3.3289930000	3.328996218	0.0000966585
26	11.3008500000	11.30086445	0.0001278700
27	7.8333460000	7.833355603	0.0001225875
28	3.8956690000	3.895671524	0.0000647847
29	1.5936350000	1.593639254	0.0002669490
30	0.2131952000	0.213195353	0.0000719922
31	0.0131686200	0.013168629	0.0000691806
32	12.2405300000	12.24053241	0.0000196683
Total	202.6999646100	202.7000426736	0.0000385119

### Validasi Penyulang Sistem IEEE-33 Bus – Rugi-Rugi Daya Reaktif

Saluran	Rugi-Rugi Daya Reaktif (kVAR)		
	MATLAB (kVAR)	ETAP (kVAR)	Error (%)
1	6.2397490000	6.2397507934	0.0000287418
2	26.3791100000	26.3791220301	0.0000456047
3	0.1535936000	0.1535934918	0.0000704599
4	10.1352400000	10.1352404504	0.0000044440
5	2.1739710000	2.1739725619	0.0000718435
6	9.5237850000	9.5237869973	0.0000209714
7	33.0185100000	33.0185125915	0.0000078487
8	6.3287550000	6.3287504585	0.0000717605
9	1.3247910000	1.3247925524	0.0001171813
10	1.5988920000	1.5988908091	0.0000744838
11	3.0036140000	3.0036135038	0.0000165207
12	2.5241220000	2.5241215312	0.0000185743
13	0.1830726000	0.1830726282	0.0000153881
14	0.2913697000	0.2913698447	0.0000496764
15	2.0978380000	2.0978388658	0.0000412717
16	0.9598235000	0.9598237940	0.0000306345
17	0.3177259000	0.3177258568	0.0000135962
18	0.2055549000	0.2055548540	0.0000223589
19	0.3359815000	0.3359813767	0.0000367093
20	0.0416683800	0.0416683563	0.0000568777
21	0.7498556000	0.7498552824	0.0000423568
22	0.1177111000	0.1177110111	0.0000755452
22	0.0576930900	0.0576930635	0.0000458504
23	4.0616680000	4.0616713500	0.0000824773
24	1.0074020000	1.0074028725	0.0000866062
25	1.6949520000	1.6949533874	0.0000818570
26	9.9637450000	9.9637555594	0.0001059778
27	6.8242260000	6.8242339409	0.0001163632
28	1.9842970000	1.9842977121	0.0000358879
29	1.5749910000	1.5749944600	0.0002196821
30	0.2484874000	0.2484875956	0.0000787060
31	0.0204750800	0.0204750943	0.0000698109
32	6.2397490000	6.2397507934	0.0000287418
Total	135.1427146769	135.1426703500	0.0000328001

### **Ringkasan Validasi Sistem IEEE – 33 BUS**

Hasil analisis aliran daya awal pada Sistem IEEE – 33 BUS yang terdiri atas nilai tegangan, arus dan rugi daya listrik pada jaringan. Dari hasil analisis yang di tunjukkan bahwa pada sistem IEEE 33 bus dengan tegangan base 12.66 kV, terjadi *undervoltage* pada beberapa bus, jika ditinjau dari standar *undervoltage*  $\leq 0.95$  p.u. Khususnya pada bus 18, yang mengalami *undervoltage* dengan nilai 0.91307188 p.u Dan dari validasi hasil tegangan antara program MATLAB dan ETAP didapatkan error paling besar mencapai 0.0000349911 %. Jika dilihat dari hasil analisis menunjukkan nilai arus pada setiap saluran pada Sistem IEEE 33 bus mempunyai nilai arus yang besar, karena merupakan akumulasi arus dari semua saluran, dan ini merupakan salah satu ciri dari sistem radial. Dan dari validasi hasil arus antara program MATLAB dan ETAP didapatkan error paling besar mencapai 0.000064021 %.

Selain itu, hasil analisis menunjukkan rugi daya aktif dan reaktif pada setiap saluran dengan total rugi daya mencapai 202.7000426736 kW dan 135.1426703500 kVAR. Karena menggunakan jaringan distribusi radial, sehingga rugi daya pada jaringan terhitung lebih besar jika dibandingkan dengan sistem distribusi loop. Sehingga perlu dilakukan conditioning untuk dapat meningkatkan efisiensi operasi sistem. Dan dari validasi hasil rugi daya pada jaringan antara program MATLAB dan ETAP didapatkan error paling besar mencapai 0.0002669490%.



### **Lampiran – 3**

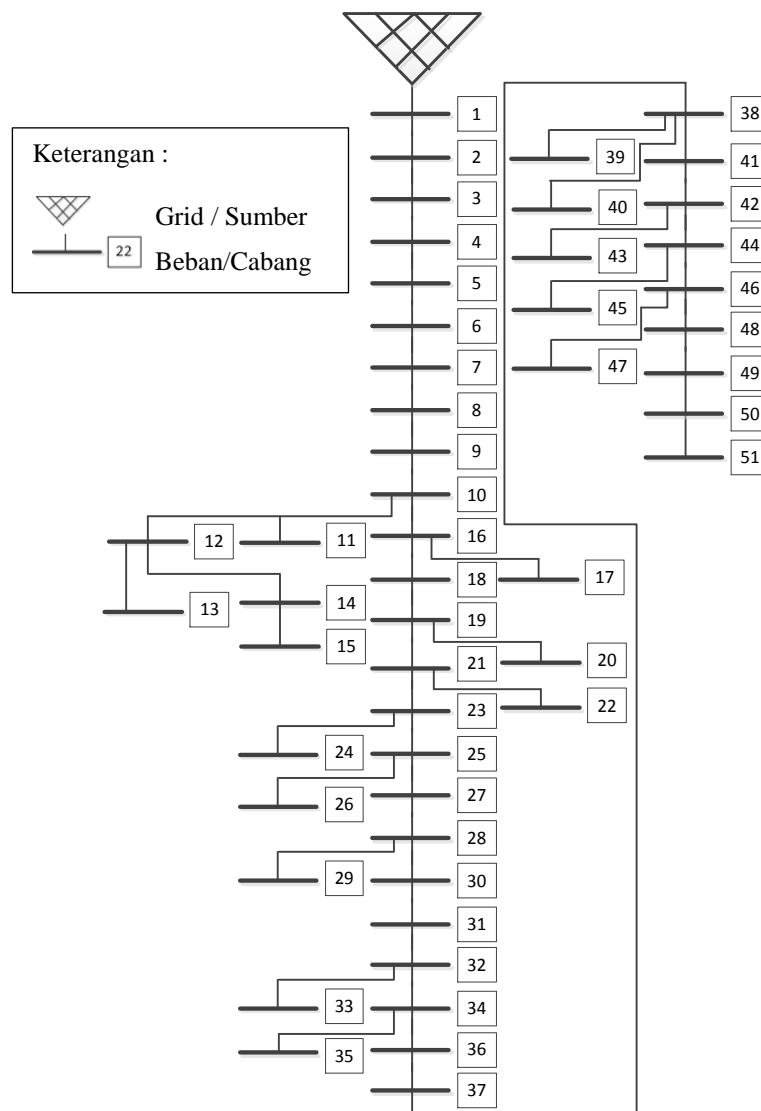
#### **Validasi Jaringan RDS Pada Simulator DSS – CP Berbasis HCT**

< halaman ini sengaja dikosongkan >

### Jaringan Riil - Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)

Jaringan RDS - Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) dengan rating tegangan 20 kV berbentuk radial. Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) merupakan sistem tiga fasa seimbang, dimana fasa dari R, S dan T mempunyai nilai impedansi dan nilai pembebanan yang sama.

### Single Line Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)



## Data Saluran

Saluran		Impedansi (ohm)	
Bus Kirim	Bus Terima	r	x
1	2	0.021476	0.010738
2	3	0.002039	0.00102
3	4	0.001351	0.000675
4	5	0.002843	0.001422
5	6	0.008388	0.004194
6	7	0.010741	0.005371
7	8	0.014902	0.007451
8	9	0.002555	0.001278
9	10	0.00681	0.003405
10	11	0.002673	0.001336
10	12	0.007266	0.003633
12	13	0.000842	0.000421
13	14	0.002591	0.001295
14	15	0.007151	0.003575
10	16	0.004894	0.002447
16	17	0.004473	0.002237
16	18	0.005034	0.002517
18	19	0.009855	0.004928
19	20	0.003678	0.001839
19	21	0.004327	0.002164
21	22	0.001741	0.00087
21	23	0.003261	0.001631
23	24	0.005131	0.002566
23	25	0.006283	0.003141
25	26	0.005351	0.002675
25	27	0.00265	0.001325
27	28	0.002803	0.001401
28	29	0.001302	0.000651
28	30	0.004422	0.002211
30	31	0.009406	0.004703
31	32	0.001884	0.000942
32	33	0.002472	0.001236
32	34	0.003305	0.001653
34	35	0.002489	0.001244
34	36	0.004525	0.002263
36	37	0.003537	0.001769
36	38	0.005295	0.002647
38	39	0.002961	0.001481
38	40	0.00678	0.00339
38	41	0.004649	0.002324
41	42	0.00787	0.003935
42	43	0.001297	0.000648
42	44	0.003561	0.00178
44	45	0.002609	0.001305
44	46	0.000728	0.000364
46	47	0.000426	0.000213
46	48	0.005398	0.002699
48	49	0.0074	0.0037
49	50	0.004528	0.002264
50	51	0.003781	0.001891

## Data Beban

Bus	Beban	
	P (MW)	Q(MVAR)
1	0.0000	0.0000
2	0.17	0.105
3	0.136	0.084
4	0.213	0.132
5	0.136	0.084
6	0.085	0.053
7	0.17	0.105
8	0.042	0.026
9	0.213	0.132
10	0	0
11	0.085	0.053
12	0	0
13	0.064	0.04
14	0.136	0.084
15	0.944	0.585
16	0	0
17	0.085	0.053
18	0.085	0.053
19	0	0
20	0.425	0.263
21	0	0
22	0.17	0.105
23	0	0
24	0.587	0.363
25	0	0
26	1.853	1.148
27	0.128	0.079
28	0	0
29	0.944	0.585
30	0.068	0.042
31	0.064	0.04
32	0	0
33	0.213	0.132
34	0	0
35	0.085	0.053
36	0	0
37	0.587	0.363
38	0	0
39	0.349	0.216
40	0.128	0.079
41	0.136	0.084
42	0	0
43	0.17	0.105
44	0	0
45	0.293	0.182
46	0	0
47	0.136	0.084
48	0.136	0.084
49	0.136	0.084
50	0.128	0.079
51	0.085	0.053
Total	9.385	5.812

### Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)– Tegangan Setiap Bus

Bus	Tegangan (p.u)		
	MATLAB (p.u)	ETAP (p.u)	Error (%)
1	1.00000000	1.00000000	0.00000000
2	0.99933839	0.99933880	0.00004071
3	0.99927670	0.99927740	0.00007006
4	0.99923643	0.99923730	0.00008658
5	0.99915367	0.99915470	0.00010269
6	0.99891327	0.99891450	0.00012268
7	0.99860841	0.99860970	0.00012895
8	0.99819375	0.99819520	0.00014497
9	0.99812300	0.99812460	0.00015988
10	0.99793922	0.99794110	0.00018887
11	0.99793847	0.99794040	0.00019354
12	0.99791194	0.99791390	0.00019688
13	0.99790877	0.99791370	0.00049359
14	0.99789959	0.99790470	0.00051170
15	0.99787744	0.99788260	0.00051692
16	0.99782687	0.99782900	0.00021360
17	0.99782562	0.99782770	0.00020855
18	0.99771272	0.99771500	0.00022830
19	0.99749201	0.99749440	0.00023979
20	0.99748688	0.99748930	0.00024285
21	0.99740113	0.99740370	0.00025803
22	0.99740016	0.99740270	0.00025510
23	0.99733445	0.99733700	0.00025559
24	0.99732457	0.99732720	0.00026412
25	0.99721811	0.99722080	0.00026931
26	0.99718556	0.99718830	0.00027510
27	0.99718517	0.99718790	0.00027398
28	0.99715150	0.99715420	0.00027086
29	0.99714746	0.99715020	0.00027453
30	0.99711209	0.99711490	0.00028161
31	0.99703036	0.99703320	0.00028462
32	0.99701438	0.99701730	0.00029244
33	0.99701265	0.99701550	0.00028535
34	0.99698867	0.99699160	0.00029354
35	0.99698798	0.99699090	0.00029312
36	0.99695474	0.99695770	0.00029712
37	0.99694792	0.99695090	0.00029876
38	0.99692523	0.99692830	0.00030753
39	0.99692184	0.99692480	0.00029685
40	0.99692239	0.99692540	0.00030230
41	0.99690661	0.99690960	0.00029997
42	0.99687859	0.99688160	0.00030153
43	0.99687787	0.99688100	0.00031393
44	0.99686790	0.99687100	0.00031054
45	0.99686539	0.99686840	0.00030180
46	0.99686642	0.99686950	0.00030897
47	0.99686623	0.99686930	0.00030800
48	0.99685782	0.99686090	0.00030854
49	0.99684934	0.99685240	0.00030662
50	0.99684618	0.99684930	0.00031348
51	0.99684512	0.99684820	0.00030921

### Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)– Arus Setiap Saluran

Saluran	Arus (A)		
	MATLAB (A)	ETAP (A)	Error (%)
1	319.48164661	319.43190000	0.01557346
2	319.48164661	319.43190000	0.01557346
3	313.70974489	313.66000000	0.01585950
4	309.09194020	309.03780000	0.01751896
5	301.85264349	301.81550000	0.01230669
6	297.23427120	297.19270000	0.01398796
7	294.33948823	294.30290000	0.01243217
8	288.56337243	288.52130000	0.01458209
9	287.13484382	287.08760000	0.01645624
10	279.88747581	279.85720000	0.01081831
11	2.89762351	2.89270900	0.16989296
12	38.93474976	38.92132000	0.03450490
13	2.18324017	2.16959000	0.62915877
14	36.75152614	36.75173000	0.00055468
15	32.12737025	32.12323000	0.01288865
16	238.05511989	238.04320000	0.00500745
17	2.89795078	2.89303600	0.16988297
18	235.15718385	235.15010000	0.00301248
19	232.25892058	232.25680000	0.00091303
20	14.46412864	14.47009000	0.04119781
21	217.79479218	217.78670000	0.00371565
22	5.78310975	5.78853800	0.09377581
23	212.01168570	211.99810000	0.00640841
24	19.97696393	19.98427000	0.03655909
25	192.03472499	192.01390000	0.01084556
26	63.10275816	63.10863000	0.00930434
27	128.93196896	128.90530000	0.02068880
28	124.57758811	124.55060000	0.02166839
29	32.15096822	32.14682000	0.01290398
30	92.42662312	92.40379000	0.02471016
31	90.11271241	90.09254000	0.02239076
32	87.92756469	87.92104000	0.00742108
33	7.25543141	7.23848200	0.23415701
34	80.67213471	80.68256000	0.01292137
35	2.90038336	2.89546400	0.16989899
36	77.77176875	77.78709000	0.01969640
37	19.98450507	19.99181000	0.03653960
38	57.78726410	57.79528000	0.01386947
39	11.88479420	11.87219000	0.10616575
40	4.35553180	4.35579500	0.00604245
41	41.54694106	41.56731000	0.04900231
42	36.91816660	36.93419000	0.04338366
43	5.78613711	5.79156700	0.09375518
44	31.13203278	31.14262000	0.03399591
45	9.98839935	9.99057900	0.02181702
46	21.14364736	21.15204000	0.03967771
47	4.62896366	4.63330800	0.09376326
48	16.51468448	16.50468449	0.06058877
49	11.88568324	11.88539000	0.00246719
50	7.25664446	7.25200300	0.06400241
51	2.90079844	2.89587900	0.16987736

### Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)– Rugi-Rugi Daya Aktif

Saluran	Rugi daya aktif pada jaringan		
	MATLAB (kW)	ETAP (kW)	Error (%)
1	6.57423859	6.57218600	0.03122178
2	0.59934054	0.59915000	0.03179099
3	0.38692851	0.38679280	0.03507344
4	0.77630059	0.77610870	0.02471837
5	2.22107589	2.22045400	0.02799931
6	2.79140569	2.79070900	0.02495845
7	3.72211942	3.72103100	0.02924196
8	0.63071564	0.63050770	0.03296918
9	1.59807619	1.59772900	0.02172521
10	0.03301683	0.03299385	0.06960421
11	0.00006725	0.00006703	0.33889321
12	0.83135242	0.83126890	0.01004674
13	0.00001187	0.00001186	0.03143522
14	0.01049481	0.01049486	0.00049006
15	0.02214014	0.02213429	0.02643095
16	0.00011262	0.00011224	0.33890613
17	0.83446042	0.83441040	0.00599421
18	1.59405130	1.59402200	0.00183781
19	0.00230341	0.00230531	0.08238623
20	0.61475205	0.61470620	0.00745792
21	0.00017458	0.00017491	0.18779338
22	0.43960078	0.43954460	0.01277964
23	0.00614183	0.00614632	0.07315128
24	0.69476900	0.69461820	0.02170562
25	0.06391043	0.06392232	0.01860822
26	0.13215645	0.13210170	0.04142707
27	0.13036443	0.13030800	0.04328948
28	0.00403137	0.00403033	0.02578678
29	0.11327595	0.11322000	0.04938892
30	6.57423859	6.57218600	0.03122178
31	0.22899249	0.22889000	0.04475554
32	0.04360429	0.04359782	0.01483222
33	0.00039007	0.00038825	0.46668891
34	0.06442913	0.06444579	0.02585172
35	0.00006259	0.00006237	0.33891117
36	0.08201696	0.08204928	0.03941233
37	0.00422944	0.00423253	0.07313266
38	0.05299577	0.05301048	0.02775968
39	0.00125429	0.00125163	0.21200926
40	0.02402798	0.02405155	0.09807508
41	0.00038529	0.00038534	0.01208163
42	0.03213839	0.03216628	0.08679583
43	0.00012957	0.00012981	0.18777343
44	0.01035109	0.01035813	0.06798290
45	0.00096564	0.00096640	0.07941288
46	0.00077819	0.00077853	0.04363319
47	0.00002700	0.00002705	0.18781194
48	0.00441012	0.00441229	0.04905132
49	0.00313194	0.00313179	0.00498304
50	0.00071405	0.00071314	0.12786601
51	0.00009542	0.00009510	0.33891854
Total	25.38632696	25.37640507	0.03908358



### Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)– Rugi-Rugi Daya Reaktif

Saluran	Rugi daya reaktif pada jaringan		
	MATLAB (kW)	ETAP (kW)	Error (%)
1	3.28558827	3.28456300	0.03121475
2	0.29819406	0.29809920	0.03182160
3	0.19203119	0.19196380	0.03510350
4	0.38815029	0.38805440	0.02471159
5	1.11053794	1.11022700	0.02800716
6	1.39570285	1.39535400	0.02500052
7	1.86105971	1.86051600	0.02922363
8	0.31412112	0.31401760	0.03296743
9	0.79903809	0.79886450	0.02172993
10	0.01650842	0.01649692	0.06968302
11	0.00003350	0.00003339	0.34005606
12	0.41482616	0.41478450	0.01004336
13	0.00000591	0.00000593	0.40175478
14	0.00522714	0.00522717	0.00047757
15	0.01105459	0.01105167	0.02640604
16	0.00005618	0.00005599	0.34006784
17	0.41640073	0.41637580	0.00598645
18	0.79621648	0.79620180	0.00184434
19	0.00114857	0.00114952	0.08234020
20	0.30737602	0.30735310	0.00745848
21	0.00008729	0.00008745	0.18744140
22	0.21980039	0.21977230	0.01278128
23	0.00306493	0.00306717	0.07308364
24	0.34738450	0.34730910	0.02171033
25	0.03189548	0.03190142	0.01860628
26	0.06582887	0.06580160	0.04144653
27	0.06518222	0.06515399	0.04332358
28	0.00201569	0.00201517	0.02576862
29	0.05663797	0.05660999	0.04943100
30	0.11449624	0.11444500	0.04477558
31	0.02180214	0.02179891	0.01483442
32	0.00019425	0.00019334	0.46888532
33	0.03221457	0.03222289	0.02582952
34	0.00003129	0.00003119	0.34007977
35	0.04100848	0.04102464	0.03939680
36	0.00210873	0.00211027	0.07308337
37	0.02644779	0.02645514	0.02776870
38	0.00062714	0.00062581	0.21244367
39	0.01201399	0.01202577	0.09793745
40	0.00019236	0.00019239	0.01207718
41	0.01606919	0.01608314	0.08672057
42	0.00006428	0.00006440	0.18742730
43	0.00517555	0.00517907	0.06797531
44	0.00048282	0.00048320	0.07936020
45	0.00038910	0.00038927	0.04360133
46	0.00001350	0.00001352	0.18742286
47	0.00220097	0.00220205	0.04900588
48	0.00156385	0.00156378	0.00498735
49	0.00035703	0.00035657	0.12804376
50	0.00004771	0.00004755	0.34007108
Total	12.68457971	12.67962136	0.03910482

### **Ringkasan Validasi Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya)**

Hasil analisis aliran daya awal pada sistem Penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) yang terdiri atas nilai tegangan, arus dan rugi daya listrik pada jaringan. Hasil analisis menjelaskan bahwa pada pada sistem penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) dengan tegangan base 20 kV mempunyai profil tegangan yang normal, karena masuk dalam standarisasi tegangan  $1.05 > \text{tegangan (p.u)} > 0.95$ . Hal ini terjadi karena jarak antar bus terhitung pendek, sehingga mempunyai nilai impedansi yang kecil. Sehingga nilai drop tegangan pada jaringan rendah. Dan profil tegangan paling rendah pada sistem tersebut adalah bus 51 dengan tegangan 0.99684512 (p.u). Hal ini terjadi karena bus 51 merupakan bus dengan jarak terjauh dari sumber (gardu induk). Serta dari hasil validasi dengan ETAP diperoleh error paling besar dengan nilai 0.00051692 %. Rugi daya aktif dan reaktif setiap saluran pada penyulang Basuki Rahmat (Surabaya) telah menunjukkan total rugi daya mencapai 25.38632696 kW dan 12.68457971 kVAR. Hal ini terjadi, karena menggunakan jaringan distribusi radial dengan jarak antara sumber dan titik beban yang terhitung pendek, sehingga rugi daya listrik pada jaringan kecil.

## **Lampiran – 4**

### **Jaringan Standar - Sistem IEEE 33 BUS**

#### **Base case - Aliran Daya Pasif**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT													
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS													
Base case - ALIRAN DAYA PASIF													
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)
1	100	210.3652256	12240.52588	202699.548	6239.747466	135142.6135	91.30718014	100	18	1	4612838.857	3917698.438	2435142.966
2	99.70322469	187.1311375	51791.71461	0	26379.10657	0	0	0	0	0	4599149.09	3905457.912	2428903.219
3	98.2937902	134.6273519	19900.72722	0	10135.23375	0	0	0	0	0	4033355.22	3392528.414	2181445.689
4	97.54562804	127.8884434	18699.1905	0	9523.780834	0	0	0	0	0	2879621.753	2343015.595	1674066.714
5	96.80590457	124.7694556	38249.14371	0	33018.49158	0	0	0	0	0	2714735.248	2204316.505	1584542.903
6	94.96578725	58.38796899	1914.581404	0	6328.755198	0	0	0	0	0	2598183.295	2106067.401	1521524.412
7	94.61722771	47.61267298	4858.562877	0	1598.891563	0	0	0	0	0	1211400.98	1093374.363	521560.0036
8	94.13103301	36.78286412	4180.705396	0	3003.613586	0	0	0	0	0	982765.0906	888515.6002	419961.012
9	93.50411384	33.71930507	3561.057486	0	2524.121206	0	0	0	0	0	754172.3301	684334.6948	316957.2985
10	92.92260715	30.64039312	553.7241106	0	183.0725696	0	0	0	0	0	687059.4779	620773.6073	294433.1073
11	92.83660489	28.00923555	881.1698043	0	291.3697163	0	0	0	0	0	623746.204	560219.8532	274249.9647
12	92.68664384	24.60562218	2666.342974	0	2097.837967	0	0	0	0	0	569262.7227	514338.6734	243958.555
13	92.07532261	21.18462259	729.1911231	0	959.8233967	0	0	0	0	0	496788.9568	451672.3404	206860.737
14	91.84864254	14.18968566	356.9885483	0	317.7258484	0	0	0	0	0	426665.7742	390943.1593	170900.9336
15	91.7074084	11.21256663	281.4782032	0	205.5548985	0	0	0	0	0	285345.8288	270586.2707	90583.17775
16	91.57061359	8.066898778	251.6444677	0	335.981481	0	0	0	0	0	225141.4684	210304.8125	80377.64986
17	91.36788806	4.919111951	53.13806659	0	41.66837462	0	0	0	0	0	161619.7859	150053.1881	60041.61837
18	91.30718014	18.08709047	160.9542781	0	153.5935641	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9
19	99.65038829	13.57983402	832.1771039	0	749.8556353	0	0	0	0	0	395222.8442	360976.8497	160924.8598
20	99.29262873	9.056334069	100.7581139	0	117.7110664	0	0	0	0	0	295669.0075	270144.6026	120175.1042
21	99.22217838	4.529622056	43.63451614	0	57.69309067	0	0	0	0	0	197040.5109	180043.7745	80057.49309
22	99.15843651	48.481886	3181.62769	0	2173.971225	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9
23	97.93521762	43.69561334	5143.672049	0	4061.667985	0	0	0	0	0	1041148.629	936430.3935	455069.87
24	97.26810202	21.88521419	1287.45147	0	1007.402037	0	0	0	0	0	931971.4631	841286.6515	401008.202
25	96.93560319	65.35106327	2600.893735	0	1324.790208	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4
26	94.77286065	62.48612482	3328.990167	0	1694.950307	0	0	0	0	0	1358097.597	948177.6027	972310.8127
27	94.51648625	59.64126143	11300.84337	0	9963.736969	0	0	0	0	0	1295046.889	884848.6125	945615.8724
28	93.37252865	56.98109934	7833.339892	0	6824.220254	0	0	0	0	0	1221125.425	813547.7692	910652.1454
29	92.550719	50.58389039	3895.666374	0	1984.295089	0	0	0	0	0	1156391.668	745714.4193	883827.8651
30	92.19497716	23.3488172	1593.632948	0	1574.988228	0	0	0	0	0	1022618.916	621819.1529	811843.8201
31	91.77886067	15.12852976	212.8513437	0	248.4867783	0	0	0	0	0	469896.143	420225.4199	210268.8318
32	91.68741049	3.587831226	13.16860116	0	20.47505084	0	0	0	0	0	304159.0647	270012.9686	140020.4751
33	91.65904615	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000

## **Lampiran – 5**

### **Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS**

#### **Base case - Aliran Daya Pasif**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT														
JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS (SURABAYA KOTA)														
Base case - ALIRAN DAYA PASIF														
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	
1	100	319.4804301	6576.020688	25340.34724	3288.010344	12670.70327	99.68841121	100	51	1	11067126.74	9410340.347	5824670.703	
2	99.93383973	313.7085269	601.9925648	0	301.1439019	0	0	0	0	0	11059804.7	9403764.327	5821382.693	
3	99.92767107	309.0907194	387.2117562	0	193.4625725	0	0	0	0	0	10859322.03	9233162.334	5716081.549	
4	99.92364517	301.8514176	777.1136798	0	388.6935113	0	0	0	0	0	10699041.13	9096775.122	5631888.086	
5	99.91536951	297.2330417	2223.176014	0	1111.588007	0	0	0	0	0	10447590.5	8882998.009	5499499.393	
6	99.89132858	294.3382558	2791.639888	0	1395.949897	0	0	0	0	0	10285265.29	8744774.833	5414387.805	
7	99.86084282	288.5621339	3722.583906	0	1861.291953	0	0	0	0	0	10181987.56	8656983.193	5359991.855	
8	99.8193782	287.1336037	631.9463392	0	316.0968381	0	0	0	0	0	9978030.43	8483260.609	5253130.563	
9	99.8123035	279.8862261	1600.4106	0	800.2052998	0	0	0	0	0	9927930.383	8440628.662	5226814.466	
10	99.79392452	2.897628123	0.067329519	0	0.033652165	0	0	0	0	0	9675563.141	8226028.252	5094014.261	
11	99.79384986	38.93493627	33.04422606	0	16.52211303	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	
12	99.79119672	38.93493627	3.829237316	0	1.914618658	0	0	0	0	0	1345929.531	1144036.471	709018.2321	
13	99.79088061	36.7517026	10.49889506	0	5.247421496	0	0	0	0	0	1345925.267	1144032.642	709016.3175	
14	99.78996251	32.12752454	22.14331106	0	11.07010726	0	0	0	0	0	1270442.302	1080022.143	669011.0701	
15	99.78774733	238.053679	832.0223931	0	416.0111966	0	0	0	0	0	1110567.873	944000	585000	
16	99.78269051	2.897955813	0.112694747	0	0.056359971	0	0	0	0	0	8228501.083	6996126.646	4331563.462	
17	99.78256554	235.1557379	835.1137347	0	417.5568674	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	
18	99.77127577	232.2574692	1594.840523	0	797.501177	0	0	0	0	0	8127401.763	6910291.42	4278145.849	
19	99.74920411	14.46415851	2.308443899	0	1.15422195	0	0	0	0	0	8025456.621	6823696.579	4224348.347	
20	99.74869112	217.7933109	615.7397971	0	307.9410494	0	0	0	0	0	499793.9575	425000	263000	
21	99.74011645	5.783122492	0.174680654	0	0.08729016	0	0	0	0	0	7524974.475	6398078.531	3961039.252	
22	99.74001937	212.0101917	439.7294281	0	219.9321365	0	0	0	0	0	199812.412	170000	105000	
23	99.73344938	19.97700857	6.143051856	0	3.072124549	0	0	0	0	0	7324672.336	6227638.627	3855819.233	
24	99.7324609	192.0331864	695.0897602	0	347.489565	0	0	0	0	0	690172.4422	587000	363000	
25	99.72181562	63.10290313	63.92266689	0	31.95536048	0	0	0	0	0	6633719.261	5639937.394	3492468.671	
26	99.71855988	128.9302853	132.1529969	0	66.07649845	0	0	0	0	0	2179796.55	1853000	1148000	
27	99.71852106	124.5758945	130.5005616	0	65.22700207	0	0	0	0	0	4453704.47	3786741.319	2344370.639	
28	99.71515427	32.15104366	4.03759161	0	2.018795805	0	0	0	0	0	4303143.238	3658610.818	2265305.412	
29	99.71475064	92.424854	113.3228633	0	56.66143167	0	0	0	0	0	1110567.873	944000	585000	
30	99.71121326	90.11093784	229.1296272	0	114.5648136	0	0	0	0	0	3192444.802	2714493.458	1680246.732	
31	99.70304027	87.92578484	43.69529345	0	21.84764673	0	0	0	0	0	3112264.753	2646264.328	1638132.167	
32	99.70144292	7.255449153	0.390389679	0	0.195194839	0	0	0	0	0	3036744.966	2582220.633	1598110.319	
33	99.70126998	80.67033711	64.5238781	0	32.27170061	0	0	0	0	0	250585.3148	213000	132000	
34	99.6988718	2.900391235	0.08340765	0	0.041716444	0	0	0	0	0	2786087.416	2369155.718	1466077.853	
35	99.69877939	77.76996325	45.16166436	0	22.57175993	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	
36	99.6970054	19.98428785	5.421471655	0	2.711334885	0	0	0	0	0	2685867.786	2284110.473	1413055.239	
37	99.69613334	57.78567583	35.43208493	0	17.72105124	0	0	0	0	0	690172.4422	587000	363000	
38	99.69503438	11.88455771	2.24364048	0	1.121608376	0	0	0	0	0	1995649.867	1697069.62	1050034.807	
39	99.69442759	4.355426461	0.168508197	0	0.084282553	0	0	0	0	0	410435.1349	349000	216000	
40	99.69490999	41.54569462	35.10775004	0	17.55387502	0	0	0	0	0	150416.0896	128000	79000	
41	99.69231819	36.91698489	19.00786105	0	9.501886227	0	0	0	0	0	1434756.968	1220032.1	755016.047	
42	99.69066332	5.786011156	0.790413812	0	0.395206906	0	0	0	0	0	1274885.943	1084013.092	671006.5451	
43	99.69022419	31.13097703	3.770914912	0	1.884003749	0	0	0	0	0	199812.412	170000	105000	
44	99.69027405	9.988086327	1.065756041	0	0.532728378	0	0	0	0	0	1075068.567	914008.5307	566004.2659	
45	99.68993116	21.14290463	3.49884445	0	1.750092759	0	0	0	0	0	344924.6294	293000	182000	
46	99.68974207	4.62883282	0.046794588	0	0.023397294	0	0	0	0	0	730139.3353	621003.9661	384001.9831	
47	99.68970958	16.51407259	0.34852925	0	0.174264625	0	0	0	0	0	159849.9296	136000	84000	
48	99.68967423	11.88523952	2.287546924	0	1.143773462	0	0	0	0	0	570288.9925	485003.5708	300001.7854	
49	99.68905559	7.256379499	1.168941964	0	0.584470982	0	0	0	0	0	410436.5638	349001.2832	216000.6416	
50	99.68853782	2.900692893	0.114296038	0	0.057148019	0	0	0	0	0	250585.4421	213000.1143	132000.0571	
51	99.68841121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	

## **Lampiran – 6**

### **Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

#### **Base case - Aliran Daya Aktif – Integrasi 1, 2 & 3 Unit DG**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT																		
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																		
INTEGRASI 1 UNIT DG - ALIRAN DAYA AKTIF																		
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	
1	100	16.81838247	78.23851974	189283.7026	39.88297639	128092.8877	91.62145585	100	1	18	368789.5087	-4990.72038	368755.7381	4418516.582	3909273.313	2059337.503	2	
2	99.9894758	186.52677	51457.71694		0 26208.99133	0	91.62145585	100	1	18	368750.6965	-5068.9589	368715.8552	4418516.582	3909273.313	2059337.503	2	
3	98.58459139	134.1811168	19769.02017	0	10068.15672	0	91.62145585	100	1	18	4032223.01	3391615.418	2180772.17	4418516.582	3909273.313	2059337.503	2	
4	97.83890803	127.4624058	18574.81196	0	9460.432962	0	0	0	0	0	2878706.127	2342292.329	1673503.993	0	0	0	0	
5	97.10164693	124.3529072	37994.17708	0	32798.39218	0	0	0	0	0	2713957.487	2203717.617	1584043.53	0	0	0	0	
6	95.26767526	58.19456715	1901.918854	0	6286.898433	0	0	0	0	0	2597740.969	2105723.48	1521245.138	0	0	0	0	
7	94.9202806	47.45367706	4826.168062	0	1588.230839	0	0	0	0	0	1211255.574	1093250.514	521481.9066	0	0	0	0	
8	94.43570827	36.6588151	4152.554359	0	2983.388569	0	0	0	0	0	982653.5903	888424.1462	419893.5757	0	0	0	0	
9	93.81090642	33.60526703	3537.011361	0	2507.077018	0	0	0	0	0	754095.0478	684271.3919	316910.0871	0	0	0	0	
10	93.23136828	30.53654567	549.9770704	0	181.8337211	0	0	0	0	0	687011.0807	620734.3505	294402.9401	0	0	0	0	
11	93.14565731	27.91412469	875.1955945	0	289.3942698	0	0	0	0	0	623701.5917	560184.3435	274221.0364	0	0	0	0	
12	92.99620512	24.52184801	2648.217815	0	2083.577368	0	0	0	0	0	569224.4863	514309.1379	243931.6021	0	0	0	0	
13	92.38696802	21.11239381	724.2272582	0	953.2895354	0	0	0	0	0	496773.2977	451660.93	206848.0448	0	0	0	0	
14	92.16106231	14.14118423	354.5522909	0	315.5575381	0	0	0	0	0	426657.4007	390936.7128	170894.7752	0	0	0	0	
15	92.02031158	11.17418346	279.5543736	0	204.1499847	0	0	0	0	0	285340.7593	270582.2605	90579.18769	0	0	0	0	
16	91.88398537	8.039242576	249.9219717	0	333.6817016	0	0	0	0	0	225138.5965	210302.7261	80375.06471	0	0	0	0	
17	91.68195552	4.902238639	52.7741483	0	41.383007	0	0	0	0	0	161619.342	150052.8241	60041.33301	0	0	0	0	
18	91.62145585	18.03492137	160.0271273	0	152.7088136	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0	
19	99.93679194	13.54058199	827.3732996	0	745.5270378	0	0	0	0	0	395215.5195	360971.2117	160919.5178	0	0	0	0	
20	99.58006709	9.030139139	100.1760827	0	117.0311062	0	0	0	0	0	295667.8333	270143.7684	120174.0907	0	0	0	0	
21	99.50982058	4.516511998	43.38229943	0	57.35961243	0	0	0	0	0	197040.145	180043.5223	80057.15961	0	0	0	0	
22	99.44626323	48.3355775	3162.453652	0	2160.869816	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0	
23	98.22710152	43.56353034	5112.622487	0	4037.149895	0	0	0	0	0	1041100.306	936391.5459	455039.2501	0	0	0	0	
24	97.56200353	21.81883408	1279.653367	0	1001.300196	0	0	0	0	0	931961.7983	841278.8534	401002.1002	0	0	0	0	
25	97.23051338	65.13158303	2583.452973	0	1315.906588	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0	
26	95.07539823	62.27579246	3306.61669	0	1683.558885	0	0	0	0	0	1357857.264	947987.6334	972160.3764	0	0	0	0	
27	94.81988905	59.4400629	11224.72566	0	9896.625451	0	0	0	0	0	1294830.851	884681.0168	945476.8276	0	0	0	0	
28	93.67979346	56.78865464	7780.517496	0	6778.202633	0	0	0	0	0	1221010.835	813456.2911	910580.2121	0	0	0	0	
29	92.8607613	50.41283546	3869.363683	0	1970.897561	0	0	0	0	0	1156346.933	745675.7636	883801.9495	0	0	0	0	
30	92.50622385	23.26943654	1582.81539	0	1564.297229	0	0	0	0	0	1022601.466	621806.7999	811831.3019	0	0	0	0	
31	92.091523	15.07705732	211.4054214	0	246.7987807	0	0	0	0	0	469893.9523	420223.8845	210267.0047	0	0	0	0	
32	92.00038403	3.575618365	13.07910277	0	20.33589527	0	0	0	0	0	304158.9212	270012.8791	140020.3359	0	0	0	0	
33	91.97211624	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0	



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT																	
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																	
INTEGRASI 2 UNIT DG - ALIRAN DAYA AKTIF																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	15.00038013	62.23815441	189216.3514	31.72660794	128049.9179	91.63439559	100.0012656	2	18	328924.7838	-166551.2964	283640.9334	182530.2134	161493.2249	85071.83503	2
2	100.0012656	186.5019674	51444.03312	0	26202.02174	0	91.63439559	100.0012656	2	18	328928.9468	-166613.5346	283609.2068	182530.2134	161493.2249	85071.83503	2
3	98.59656795	134.1628062	19763.62511	0	10065.40907	0	91.63439559	100.0012656	2	18	4032176.633	3391578.02	2180744.581	182530.2134	161493.2249	85071.83503	2
4	97.85098631	127.4449244	18569.71727	0	9457.838157	0	0	0	0	0	2878668.624	2342262.704	1673480.944	0	0	0	0
5	97.11382625	124.3358154	37983.7335	0	32789.37678	0	0	0	0	0	2713925.63	2203693.087	1584023.076	0	0	0	0
6	95.28010674	58.18663115	1901.40016	0	6285.183861	0	0	0	0	0	2597722.852	2105709.393	1521233.7	0	0	0	0
7	94.93275988	47.44715314	4824.841153	0	1587.79417	0	0	0	0	0	1211249.619	1093245.442	521478.708	0	0	0	0
8	94.44825411	36.65372539	4151.401357	0	2982.560198	0	0	0	0	0	982649.0237	888420.4006	419890.8138	0	0	0	0
9	93.82353914	33.60058813	3536.026506	0	2506.378941	0	0	0	0	0	754091.8826	684268.7993	316908.1536	0	0	0	0
10	93.24408177	30.53228493	549.8236055	0	181.7829825	0	0	0	0	0	687009.0987	620732.7428	294401.7046	0	0	0	0
11	93.15838275	27.91022244	874.9509163	0	289.3133639	0	0	0	0	0	623699.7646	560182.8892	274219.8517	0	0	0	0
12	93.00895144	24.51841094	2647.475499	0	2082.993325	0	0	0	0	0	569222.9203	514307.9282	243930.4983	0	0	0	0
13	92.39979985	21.10943044	724.0239653	0	953.0219439	0	0	0	0	0	496772.6564	451660.4627	206847.525	0	0	0	0
14	92.1739259	14.13919436	354.4525168	0	315.4687375	0	0	0	0	0	426657.0578	390936.4488	170894.523	0	0	0	0
15	92.03319501	11.17260873	279.4755862	0	204.0924487	0	0	0	0	0	285340.5517	270582.0963	90579.02429	0	0	0	0
16	91.89688802	8.038107944	249.8514304	0	333.5875188	0	0	0	0	0	225138.4789	210302.6407	80374.95884	0	0	0	0
17	91.69488672	4.901546391	52.75924482	0	41.37132039	0	0	0	0	0	161619.3238	150052.8092	60041.32132	0	0	0	0
18	91.63439559	18.03277916	159.9891131	0	152.6725378	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
19	99.94858803	13.5389702	827.1763406	0	745.3495626	0	0	0	0	0	395215.2192	360970.9805	160919.2987	0	0	0	0
20	99.59190567	9.029063513	100.1522192	0	117.0032275	0	0	0	0	0	295667.7852	270143.7342	120174.0492	0	0	0	0
21	99.52166753	4.515973669	43.37195847	0	57.34593972	0	0	0	0	0	197040.13	180043.512	80057.14594	0	0	0	0
22	99.45811777	48.32957098	3161.667722	0	2160.332799	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
23	98.23912254	43.55810787	5111.349803	0	4036.144928	0	0	0	0	0	1041098.325	936389.9535	455037.995	0	0	0	0
24	97.57410738	21.81610899	1279.333739	0	1001.050094	0	0	0	0	0	931961.4022	841278.5337	401001.8501	0	0	0	0
25	97.24265863	65.12257759	2582.738618	0	1315.542725	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0
26	95.08785637	62.26716246	3305.700311	0	1683.092312	0	0	0	0	0	1357847.421	947979.8528	972154.215	0	0	0	0
27	94.83238269	59.43180776	11221.60806	0	9893.876721	0	0	0	0	0	1294822.003	884674.1525	945471.1327	0	0	0	0
28	93.69244555	56.78075872	7778.354032	0	6776.317875	0	0	0	0	0	1221006.142	813452.5444	910577.2659	0	0	0	0
29	92.87352735	50.4058172	3868.286405	0	1970.348839	0	0	0	0	0	1156345.101	745674.1804	883800.8881	0	0	0	0
30	92.51903931	23.2661797	1582.372352	0	1563.859375	0	0	0	0	0	1022600.752	621806.294	811830.7892	0	0	0	0
31	92.10439655	15.07494551	211.3462034	0	246.7296484	0	0	0	0	0	469893.8625	420223.8216	210266.9298	0	0	0	0
32	92.01327034	3.575117297	13.07543735	0	20.33019614	0	0	0	0	0	304158.9153	270012.8754	140020.3302	0	0	0	0
33	91.98500652	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT																	
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																	
INTEGRASI 3 UNIT DG - ALIRAN DAYA AKTIF																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	15.020151	62.40232881	189214.395	31.81029772	128048.564	91.63493	100.0018	2	18	329358.324	-173224.59	280125.235	7540.38064	6671.33601	3514.34431	2
2	100.0017526	186.50094	51443.46803	0	26201.73392	0	91.63493	100.0018	2	18	329364.096	-173286.99	280093.425	7540.38064	6671.33601	3514.34431	2
3	98.59706264	134.16205	19763.40231	0	10065.29561	0	91.63493	100.0018	2	18	4032174.72	3391576.48	2180743.44	7540.38064	6671.33601	3514.34431	2
4	97.85148521	127.4442	18569.50688	0	9457.731002	0	0	0	0	0	2878667.08	2342261.48	1673479.99	0	0	0	0
5	97.11432931	124.33511	37983.30222	0	32789.00448	0	0	0	0	0	2713924.31	2203692.07	1584022.23	0	0	0	0
6	95.28062022	58.186303	1901.37874	0	6285.113056	0	0	0	0	0	2597722.1	2105708.81	1521233.23	0	0	0	0
7	94.93327533	47.446884	4824.786357	0	1587.776137	0	0	0	0	0	1211249.37	1093245.23	521478.576	0	0	0	0
8	94.44877232	36.653515	4151.353743	0	2982.52599	0	0	0	0	0	982648.835	888420.246	419890.7	0	0	0	0
9	93.82406094	33.600395	3535.985835	0	2506.350113	0	0	0	0	0	754091.752	684268.692	316908.074	0	0	0	0
10	93.2446069	30.532109	549.817268	0	181.7808872	0	0	0	0	0	687009.017	620732.676	294401.654	0	0	0	0
11	93.15890837	27.910061	874.9408121	0	289.3100228	0	0	0	0	0	623699.689	560182.829	274219.803	0	0	0	0
12	93.00947792	24.518269	2647.444845	0	2082.969207	0	0	0	0	0	569222.856	514307.878	243930.453	0	0	0	0
13	92.40032986	21.109308	724.0155702	0	953.0108936	0	0	0	0	0	496772.63	451660.443	206847.504	0	0	0	0
14	92.17445723	14.139112	354.4483966	0	315.4650704	0	0	0	0	0	426657.044	390936.438	170894.513	0	0	0	0
15	92.03372715	11.172544	279.4723326	0	204.0900727	0	0	0	0	0	285340.543	270582.089	90579.0175	0	0	0	0
16	91.89742096	8.0380611	249.8485174	0	333.5836295	0	0	0	0	0	225138.474	210302.637	80374.9545	0	0	0	0
17	91.69542084	4.9015178	52.75862937	0	41.37083779	0	0	0	0	0	161619.323	150052.809	60041.3208	0	0	0	0
18	91.63493006	18.032691	159.9875432	0	152.6710397	0	0	0	0	0	98488.6014	90000.07	39999.9	0	0	0	0
19	99.94907527	13.538904	827.1682067	0	745.3422333	0	0	0	0	0	395215.207	360970.971	160919.29	0	0	0	0
20	99.59239467	9.0290191	100.1512337	0	117.0020762	0	0	0	0	0	295667.783	270143.733	120174.047	0	0	0	0
21	99.52215688	4.5159514	43.37153141	0	57.34537508	0	0	0	0	0	197040.129	180043.512	80057.1454	0	0	0	0
22	99.45860742	48.329323	3161.635266	0	2160.310621	0	0	0	0	0	98488.6014	90000.07	39999.9	0	0	0	0
23	98.23961907	43.557884	5111.297245	0	4036.103426	0	0	0	0	0	1041098.24	936389.888	455037.943	0	0	0	0
24	97.57460733	21.815996	1279.32054	0	1001.039766	0	0	0	0	0	931961.386	841278.521	401001.84	0	0	0	0
25	97.24316029	65.122206	2582.709118	0	1315.527699	0	0	0	0	0	465187.945	419999.6	200000.4	0	0	0	0
26	95.08837095	62.266806	3305.662469	0	1683.073044	0	0	0	0	0	1357847.01	947979.531	972153.961	0	0	0	0
27	94.83289874	59.431467	11221.47932	0	9893.76321	0	0	0	0	0	1294821.64	884673.869	945470.897	0	0	0	0
28	93.69296814	56.780433	7778.26469	0	6776.240042	0	0	0	0	0	1221005.95	813452.39	910577.144	0	0	0	0
29	92.87405465	50.405527	3868.241918	0	1970.326179	0	0	0	0	0	1156345.03	745674.115	883800.844	0	0	0	0
30	92.51956865	23.266045	1582.354057	0	1563.841294	0	0	0	0	0	1022600.72	621806.273	811830.768	0	0	0	0
31	92.10492828	15.074858	211.3437579	0	246.7267935	0	0	0	0	0	469893.859	420223.819	210266.927	0	0	0	0
32	92.01380261	3.5750966	13.07528599	0	20.32996079	0	0	0	0	0	304158.915	270012.875	140020.33	0	0	0	0
33	91.98553895	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.0255	60000	40000	0	0	0	0

## **Lampiran – 7**

### **Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS**

#### **Base case - Aliran Daya Aktif – Integrasi 1, 2 & 3 Unit DG**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT																	
JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS																	
INTEGRASI 1 UNIT DG - ALIRAN DAYA AKTIF																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	25.0916468	40.56327213	18780.84823	20.28163605	9390.95309	99.75237969	100	1	51	869200.142	2948.346148	869195.1416	10625436.23	9400832.502	4952195.812	2
2	99.99765092	313.5075683	601.2215507	0	300.7582058	0	99.75237969	100	1	51	869179.7238	2907.782876	869174.8599	10625436.23	9400832.502	4952195.812	2
3	99.99148621	308.8927079	386.7157994	0	193.2147776	0	99.75237969	100	1	51	10859296.12	9233139.063	5716069.913	10625436.23	9400832.502	4952195.812	2
4	99.9874629	301.6580267	776.1182323	0	388.1956125	0	0	0	0	0	10699015.77	9096752.348	5631876.698	0	0	0	0
5	99.97919253	297.0425989	2220.328065	0	1110.164033	0	0	0	0	0	10447566.25	8882976.229	5499488.503	0	0	0	0
6	99.955167	294.1496618	2788.06361	0	1394.161591	0	0	0	0	0	10285244.22	8744755.901	5414378.339	0	0	0	0
7	99.92470078	288.3772312	3717.814776	0	1858.907388	0	0	0	0	0	10181970.46	8656967.838	5359984.177	0	0	0	0
8	99.88326273	286.9496147	631.1367236	0	315.6918719	0	0	0	0	0	9978018.644	8483250.023	5253125.27	0	0	0	0
9	99.87619256	279.7068731	1598.360149	0	799.1800746	0	0	0	0	0	9927919.497	8440618.886	5226809.578	0	0	0	0
10	99.85782536	2.895773876	0.067243375	0	0.033609109	0	0	0	0	0	9675554.539	8226020.526	5094010.398	0	0	0	0
11	99.85775075	38.91001823	33.00194353	0	16.50097176	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0
12	99.8550993	38.91001823	3.824337524	0	1.912168762	0	0	0	0	0	1345929.479	1144036.425	709018.2088	0	0	0	0
13	99.8547834	36.72818174	10.4854609	0	5.240707011	0	0	0	0	0	1345925.221	1144032.6	709016.2966	0	0	0	0
14	99.85386588	32.10696301	22.11497681	0	11.05594212	0	0	0	0	0	1270442.27	1080022.115	669011.0559	0	0	0	0
15	99.85165212	237.9010983	830.9561641	0	415.4780821	0	0	0	0	0	1110567.873	944000	585000	0	0	0	0
16	99.84659855	2.896100937	0.112550529	0	0.056287846	0	0	0	0	0	8228493.767	6996120.076	4331560.176	0	0	0	0
17	99.84647367	235.0050121	834.0435259	0	417.021763	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0
18	99.83519113	232.1085989	1592.796685	0	796.4791542	0	0	0	0	0	8127395.638	6910285.92	4278143.098	0	0	0	0
19	99.81313362	14.45489424	2.305487737	0	1.152743868	0	0	0	0	0	8025452.772	6823693.123	4224346.619	0	0	0	0
20	99.81262096	217.6537049	614.9506685	0	307.546394	0	0	0	0	0	499793.9575	425000	263000	0	0	0	0
21	99.80405178	5.779417767	0.174456921	0	0.087178358	0	0	0	0	0	7524971.509	6398075.867	3961037.92	0	0	0	0
22	99.80395476	211.8742904	439.165864	0	219.6502681	0	0	0	0	0	199812.412	170000	105000	0	0	0	0
23	99.79738899	19.96420917	6.135182587	0	3.068189148	0	0	0	0	0	7324669.997	6227636.527	3855818.183	0	0	0	0
24	99.79640114	191.9100844	694.1988781	0	347.0441948	0	0	0	0	0	690172.4422	587000	363000	0	0	0	0
25	99.78576268	63.06246141	63.84075894	0	31.91441416	0	0	0	0	0	6633717.923	5639936.193	3492468.07	0	0	0	0
26	99.78250903	128.8476251	131.9835985	0	65.99179924	0	0	0	0	0	2179796.55	1853000	1148000	0	0	0	0
27	99.78247023	124.4960249	130.3332792	0	65.1433907	0	0	0	0	0	4453703.412	3786740.368	2344370.164	0	0	0	0
28	99.77910561	32.13043695	4.032417607	0	2.016208804	0	0	0	0	0	4303142.366	3658610.035	2265305.021	0	0	0	0
29	99.77870223	92.36559116	113.1775846	0	56.58879232	0	0	0	0	0	1110567.873	944000	585000	0	0	0	0
30	99.77516712	90.05315817	228.8358828	0	114.4179414	0	0	0	0	0	3192444.097	2714492.825	1680246.416	0	0	0	0
31	99.76699937	87.86940604	43.63927579	0	21.8196379	0	0	0	0	0	3112264.375	2646263.989	1638131.998	0	0	0	0
32	99.76540304	7.25079763	0.389889275	0	0.194944638	0	0	0	0	0	3036744.651	2582220.35	1598110.178	0	0	0	0
33	99.76523021	80.61860983	64.44115689	0	32.23032748	0	0	0	0	0	250585.3148	213000	132000	0	0	0	0
34	99.76283358	2.89853168	0.083300733	0	0.041662969	0	0	0	0	0	2786087.193	2369155.519	1466077.753	0	0	0	0
35	99.76274122	77.72009552	45.10376572	0	22.54282224	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0
36	99.76096837	19.97147446	5.414521677	0	2.707859128	0	0	0	0	0	2685867.628	2284110.332	1413055.168	0	0	0	0
37	99.76009687	57.74862149	35.38665875	0	17.69833173	0	0	0	0	0	690172.4422	587000	363000	0	0	0	0
38	99.75899861	11.87693739	2.240764178	0	1.120170497	0	0	0	0	0	1995649.767	1697069.531	1050034.762	0	0	0	0
39	99.75839222	4.352633808	0.168292175	0	0.084174506	0	0	0	0	0	410435.1349	349000	216000	0	0	0	0
40	99.75887431	41.51905326	35.06273847	0	17.53136924	0	0	0	0	0	150416.0896	128000	79000	0	0	0	0
41	99.75628416	36.89331156	18.98349096	0	9.489703805	0	0	0	0	0	1434756.922	1220032.059	755016.0264	0	0	0	0
42	99.75463036	5.78230088	0.789400432	0	0.394700216	0	0	0	0	0	1274885.924	1084013.075	671006.5367	0	0	0	0
43	99.75419151	31.11101398	3.766080187	0	1.881588251	0	0	0	0	0	199812.412	170000	105000	0	0	0	0
44	99.75424134	9.981681434	1.06438964	0	0.532045369	0	0	0	0	0	1075068.555	914008.5198	566004.2604	0	0	0	0
45	99.75389866	21.12934646	3.494358527	0	1.747848937	0	0	0	0	0	344924.6294	293000	182000	0	0	0	0
46	99.7537097	4.625864553	0.046734592	0	0.023367296	0	0	0	0	0	730139.3296	621003.961	384001.9805	0	0	0	0
47	99.75367722	16.50348268	0.348082394	0	0.174041197	0	0	0	0	0	159849.9296	136000	84000	0	0	0	0
48	99.75364191	11.87761788	2.284613999	0	1.142307	0	0	0	0	0	570288.9874	485003.5662	300001.7831	0	0	0	0
49	99.75302366	7.251726188	1.167443226	0	0.583721613	0	0	0	0	0	410436.5619	349001.2816	216000.6408	0	0	0	0
50	99.75250622	2.898832758	0.114149495	0	0.057074747	0	0	0	0	0	250585.4419	213000.1141	132000.0571	0	0	0	0
51	99.75237969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT																	
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS																	
INTEGRASI 2 UNIT DG - ALIRAN DAYA AKTIF																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	22.18247627	31.70258687	18770.98847	15.85129342	9386.023179	99.75504065	100.0003053	2	51	768423.5188	-388377.911	663051.5081	442291.4062	391316.3974	206138.7035	2
2	100.0003053	313.4992144	601.1895101	0	300.7421777	0	99.75504065	100.0003053	2	51	768425.8651	-388409.614	663035.6568	442291.4062	391316.3974	206138.7035	2
3	99.99414079	308.8844765	386.6951892	0	193.2044802	0	99.75504065	100.0003053	2	51	10859295.04	9233138.096	5716069.43	442291.4062	391316.3974	206138.7035	2
4	99.99011759	301.6499874	776.0768651	0	388.1749216	0	0	0	0	0	10699014.71	9096751.401	5631876.225	0	0	0	0
5	99.98184744	297.0346822	2220.209715	0	1110.104857	0	0	0	0	0	10447565.24	8882975.324	5499488.05	0	0	0	0
6	99.95782256	294.1418219	2787.914993	0	1394.087276	0	0	0	0	0	10285243.34	8744755.115	5414377.945	0	0	0	0
7	99.92735715	288.3695448	3717.616589	0	1858.808294	0	0	0	0	0	10181969.75	8656967.2	5359983.858	0	0	0	0
8	99.8859202	286.9419662	631.1030789	0	315.675043	0	0	0	0	0	9978018.154	8483249.583	5253125.05	0	0	0	0
9	99.87885022	279.6994174	1598.27494	0	799.13747	0	0	0	0	0	9927919.045	8440618.48	5226809.375	0	0	0	0
10	99.86048351	2.895696794	0.067239796	0	0.03360732	0	0	0	0	0	9675554.181	8226020.205	5094010.237	0	0	0	0
11	99.8604089	38.90898238	33.00018642	0	16.50009321	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0
12	99.85775752	38.90898238	3.824133906	0	1.912066953	0	0	0	0	0	1345929.477	1144036.423	709018.2078	0	0	0	0
13	99.85744163	36.72720397	10.48490263	0	5.240427981	0	0	0	0	0	1345925.219	1144032.599	709016.2958	0	0	0	0
14	99.85652414	32.10610827	22.11379934	0	11.05535347	0	0	0	0	0	1270442.269	1080022.114	669011.0554	0	0	0	0
15	99.85431043	237.8947555	830.9118555	0	415.4559278	0	0	0	0	0	1110567.873	944000	585000	0	0	0	0
16	99.849257	2.896023829	0.112544536	0	0.056284848	0	0	0	0	0	8228493.463	6996119.803	4331560.04	0	0	0	0
17	99.84913212	234.9987464	833.999052	0	416.999526	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0
18	99.83784988	232.1024103	1592.711751	0	796.4366826	0	0	0	0	0	8127395.384	6910285.691	4278142.984	0	0	0	0
19	99.81579296	14.45450912	2.305364889	0	1.152682445	0	0	0	0	0	8025452.612	6823692.98	4224346.547	0	0	0	0
20	99.81528031	217.6479014	614.9178753	0	307.5299935	0	0	0	0	0	499793.9575	425000	263000	0	0	0	0
21	99.80671136	5.779263761	0.174447623	0	0.087173712	0	0	0	0	0	7524971.385	6398075.756	3961037.865	0	0	0	0
22	99.80661434	211.8686409	439.1424444	0	219.6385547	0	0	0	0	0	199812.412	170000	105000	0	0	0	0
23	99.80004875	19.96367709	6.134855569	0	3.068025607	0	0	0	0	0	7324669.9	6227636.439	3855818.139	0	0	0	0
24	99.79906092	191.9049671	694.1618563	0	347.0256869	0	0	0	0	0	690172.4422	587000	363000	0	0	0	0
25	99.78842275	63.06078024	63.83735515	0	31.91271258	0	0	0	0	0	6633717.867	5639936.143	3492468.045	0	0	0	0
26	99.78516919	128.8441889	131.9765589	0	65.98827945	0	0	0	0	0	2179796.55	1853000	1148000	0	0	0	0
27	99.78513039	124.4927047	130.3263275	0	65.13991612	0	0	0	0	0	4453703.368	3786740.329	2344370.144	0	0	0	0
28	99.78176585	32.12958033	4.032202594	0	2.016101297	0	0	0	0	0	4303142.33	3658610.002	2265305.004	0	0	0	0
29	99.78136249	92.36312759	113.1715474	0	56.5857737	0	0	0	0	0	1110567.873	944000	585000	0	0	0	0
30	99.77782748	90.05075626	228.8236759	0	114.411838	0	0	0	0	0	3192444.068	2714492.799	1680246.402	0	0	0	0
31	99.76965994	87.86706237	43.63694791	0	21.81847395	0	0	0	0	0	3112264.36	2646263.975	1638131.991	0	0	0	0
32	99.76806365	7.250604266	0.389868481	0	0.19493424	0	0	0	0	0	3036744.638	2582220.338	1598110.172	0	0	0	0
33	99.76789083	80.61645952	64.4377193	0	32.22860817	0	0	0	0	0	250585.3148	213000	132000	0	0	0	0
34	99.76549426	2.898454378	0.08329629	0	0.041660746	0	0	0	0	0	2786087.184	2369155.51	1466077.749	0	0	0	0
35	99.76540191	77.71802251	45.10135966	0	22.5416197	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0
36	99.7636291	19.9709418	5.414232861	0	2.707714688	0	0	0	0	0	2685867.622	2284110.326	1413055.165	0	0	0	0
37	99.76275762	57.74708114	35.38477101	0	17.69738759	0	0	0	0	0	690172.4422	587000	363000	0	0	0	0
38	99.76165939	11.87662061	2.24064465	0	1.120110744	0	0	0	0	0	1995649.763	1697069.527	1050034.76	0	0	0	0
39	99.76105302	4.352517717	0.168283198	0	0.084170016	0	0	0	0	0	410435.1349	349000	216000	0	0	0	0
40	99.76153509	41.51794577	35.06086796	0	17.53043398	0	0	0	0	0	150416.0896	128000	79000	0	0	0	0
41	99.75894502	36.89232746	18.98247823	0	9.489197549	0	0	0	0	0	1434756.92	1220032.057	755016.0255	0	0	0	0
42	99.75729126	5.782146643	0.78935832	0	0.39467916	0	0	0	0	0	1274885.923	1084013.075	671006.5363	0	0	0	0
43	99.75685242	31.11018411	3.765879274	0	1.881487872	0	0	0	0	0	199812.412	170000	105000	0	0	0	0
44	99.75690225	9.981415182	1.064332858	0	0.532016986	0	0	0	0	0	1075068.554	914008.5193	566004.2602	0	0	0	0
45	99.75655958	21.12878284	3.494172109	0	1.747755693	0	0	0	0	0	344924.6294	293000	182000	0	0	0	0
46	99.75637062	4.625741161	0.046732099	0	0.02336605	0	0	0	0	0	730139.3294	621003.9608	384001.9804	0	0	0	0
47	99.75633815	16.50304246	0.348063825	0	0.174031912	0	0	0	0	0	159849.9296	136000	84000	0	0	0	0
48	99.75630283	11.87730105	2.284492118	0	1.142246059	0	0	0	0	0	570288.9871	485003.566	300001.783	0	0	0	0
49	99.7556846	7.251532749	1.167380944	0	0.583690472	0	0	0	0	0	410436.5619	349001.2815	216000.6408	0	0	0	0
50	99.75516718	2.898755431	0.114143405	0	0.057071702	0	0	0	0	0	250585.4419	213000.1141	132000.0571	0	0	0	0
51	99.75504065	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT																		
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS																		
INTEGRASI 3 UNIT DG - ALIRAN DAYA AKTIF																		
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	
1	100	22.21274395	31.78916138	18771.03346	15.89458067	9386.045673	99.75515141	100.0004158	2	51	769472.022	-404666.322	654471.0539	18410.27935	16288.45619	8580.476728	2	
2	100.0004158	313.4988667	601.1881765	0	300.7415106	0	99.75515141	100.0004158	2	51	769475.2217	-404698.111	654455.1593	18410.27935	16288.45619	8580.476728	2	
3	99.99425129	308.8841339	386.6943314	0	193.2040516	0	99.75515141	100.0004158	2	51	10859295	9233138.056	5716069.41	18410.27935	16288.45619	8580.476728	2	
4	99.99022809	301.6496527	776.0751433	0	388.1740604	0	0	0	0	0	10699014.67	9096751.362	5631876.206	0	0	0	0	
5	99.98195795	297.0343527	2220.204789	0	1110.102395	0	0	0	0	0	10447565.2	8882975.287	5499488.031	0	0	0	0	
6	99.95793309	294.1414956	2787.908807	0	1394.084183	0	0	0	0	0	10285243.3	8744755.082	5414377.929	0	0	0	0	
7	99.92746772	288.3692248	3717.60834	0	1858.80417	0	0	0	0	0	10181969.72	8656967.173	5359983.845	0	0	0	0	
8	99.88603081	286.9416479	631.1016786	0	315.6743426	0	0	0	0	0	9978018.133	8483249.565	5253125.041	0	0	0	0	
9	99.87896084	279.699107	1598.271393	0	799.1356967	0	0	0	0	0	9927919.026	8440618.463	5226809.366	0	0	0	0	
10	99.86059415	2.895693586	0.067239647	0	0.033607246	0	0	0	0	0	9675554.166	8226020.192	5094010.231	0	0	0	0	
11	99.86051954	38.90893927	33.00011328	0	16.50005664	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0	
12	99.85786817	38.90893927	3.824125431	0	1.912062716	0	0	0	0	0	1345929.476	1144036.423	709018.2078	0	0	0	0	
13	99.85755227	36.72716327	10.48487939	0	5.240416368	0	0	0	0	0	1345925.219	1144032.599	709016.2957	0	0	0	0	
14	99.85663478	32.10607269	22.11375033	0	11.05532896	0	0	0	0	0	1270442.269	1080022.114	669011.0553	0	0	0	0	
15	99.85442108	237.8944915	830.9100113	0	415.4550057	0	0	0	0	0	1110567.873	944000	585000	0	0	0	0	
16	99.84936765	2.896020619	0.112544287	0	0.056284724	0	0	0	0	0	8228493.451	6996119.792	4331560.034	0	0	0	0	
17	99.84924277	234.9984856	833.9972009	0	416.9986004	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0	
18	99.83796054	232.1021527	1592.708216	0	796.4349149	0	0	0	0	0	8127395.373	6910285.682	4278142.979	0	0	0	0	
19	99.81590365	14.45449309	2.305359776	0	1.152679888	0	0	0	0	0	8025452.606	6823692.974	4224346.544	0	0	0	0	
20	99.815391	217.6476599	614.9165103	0	307.5293109	0	0	0	0	0	499793.9575	425000	263000	0	0	0	0	
21	99.80682206	5.779257351	0.174447236	0	0.087173519	0	0	0	0	0	7524971.38	6398075.752	3961037.862	0	0	0	0	
22	99.80672505	211.8684058	439.1414696	0	219.6380671	0	0	0	0	0	199812.412	170000	105000	0	0	0	0	
23	99.80015946	19.96365495	6.134841957	0	3.0680188	0	0	0	0	0	7324669.896	6227636.436	3855818.137	0	0	0	0	
24	99.79917163	191.9047541	694.1603154	0	347.0249165	0	0	0	0	0	690172.4422	587000	363000	0	0	0	0	
25	99.78853348	63.06071026	63.83721348	0	31.91264176	0	0	0	0	0	6633717.865	5639936.141	3492468.044	0	0	0	0	
26	99.78527991	128.8440459	131.9762659	0	65.98813295	0	0	0	0	0	2179796.55	1853000	1148000	0	0	0	0	
27	99.78524112	124.4925665	130.3260382	0	65.1397715	0	0	0	0	0	4453703.366	3786740.327	2344370.143	0	0	0	0	
28	99.78187658	32.12954467	4.032193645	0	2.016096823	0	0	0	0	0	4303142.329	3658610.001	2265305.004	0	0	0	0	
29	99.78147322	92.36302505	113.1712961	0	56.58564806	0	0	0	0	0	1110567.873	944000	585000	0	0	0	0	
30	99.77793821	90.05065629	228.8231678	0	114.4115839	0	0	0	0	0	3192444.067	2714492.798	1680246.402	0	0	0	0	
31	99.76977068	87.86696482	43.63685102	0	21.81842551	0	0	0	0	0	3112264.359	2646263.974	1638131.99	0	0	0	0	
32	99.7681744	7.250596217	0.389867615	0	0.194933807	0	0	0	0	0	3036744.638	2582220.338	1598110.172	0	0	0	0	
33	99.76800157	80.61637002	64.43757622	0	32.22853661	0	0	0	0	0	250585.3148	213000	132000	0	0	0	0	
34	99.765605	2.89845116	0.083296105	0	0.041660654	0	0	0	0	0	2786087.184	2369155.51	1466077.748	0	0	0	0	
35	99.76551265	77.71793622	45.10125952	0	22.54156964	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0	
36	99.76373985	19.97091963	5.41422084	0	2.707708676	0	0	0	0	0	2685867.621	2284110.326	1413055.165	0	0	0	0	
37	99.76286837	57.74701702	35.38469243	0	17.69734829	0	0	0	0	0	690172.4422	587000	363000	0	0	0	0	
38	99.76177014	11.87660742	2.240639675	0	1.120108257	0	0	0	0	0	1995649.763	1697069.527	1050034.76	0	0	0	0	
39	99.76116377	4.352512885	0.168282825	0	0.084169829	0	0	0	0	0	410435.1349	349000	216000	0	0	0	0	
40	99.76164585	41.51789967	35.0607901	0	17.53039505	0	0	0	0	0	150416.0896	128000	79000	0	0	0	0	
41	99.75905577	36.8922865	18.98243608	0	9.489176478	0	0	0	0	0	1434756.92	1220032.057	755016.0255	0	0	0	0	
42	99.75740201	5.782140223	0.789356567	0	0.394678283	0	0	0	0	0	1274885.923	1084013.075	671006.5363	0	0	0	0	
43	99.75696318	31.11014957	3.765870911	0	1.881483694	0	0	0	0	0	199812.412	170000	105000	0	0	0	0	
44	99.75701301	9.9814041	1.064330494	0	0.532015804	0	0	0	0	0	1075068.554	914008.5193	566004.2602	0	0	0	0	
45	99.75667034	21.12875938	3.49416435	0	1.747751812	0	0	0	0	0	344924.6294	293000	182000	0	0	0	0	
46	99.75648138	4.625736026	0.046731995	0	0.023365998	0	0	0	0	0	730139.3294	621003.9608	384001.9804	0	0	0	0	
47	99.75644891	16.50302414	0.348063052	0	0.174031526	0	0	0	0	0	159849.9296	136000	84000	0	0	0	0	
48	99.75641359	11.87728786	2.284487045	0	1.142243522	0	0	0	0	0	570288.9871	485003.566	300001.783	0	0	0	0	
49	99.75579536	7.251524697	1.167378352	0	0.583689176	0	0	0	0	0	410436.5619	349001.2815	216000.6408	0	0	0	0	
50	99.75527794	2.898752213	0.114143151	0	0.057071576	0	0	0	0	0	250585.4419	213000.1141	132000.0571	0	0	0	0	
51	99.75515141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100169.8557	85000	53000	0	0	0	0	

## **Lampiran – 8**

**Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

**Advanced-OPF-CP-HCT : Rekonfigurasi Jaringan – 1 FO**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI JARINGAN													
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS													
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN													
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)
1	100	207.0756625	11860.69928	138252.9653	6046.12653	102178.2409	94.15437724	100	32	1	4540706.097	3853251.855	2402178.594
2	99.7078987	78.5551775	3036.090629	0	2897.245021	0	94.15437724	100	32	1	4527442.635	3841391.156	2396132.467
3	98.78125785	74.04302572	24739.74132	0	22292.4115	0	0	0	0	0	1701546.019	1527732.866	749193.664
4	98.39001432	69.43908219	5923.564267	0	6920.227462	0	0	0	0	0	1597458.242	1431936.99	708116.7224
5	98.02160393	35.18779656	2633.23959	0	3481.641229	0	0	0	0	0	1492519.829	1335695.515	665982.6796
6	97.09253778	30.53459218	2797.083959	0	1398.541979	0	0	0	0	0	749155.9932	667697.9855	339726.5111
7	96.3957284	27.24282752	3268.523952	0	2571.624772	0	0	0	0	0	645422.7157	577513.0505	288182.5089
8	96.50342641	23.93040333	930.4647975	0	1224.756932	0	0	0	0	0	576486.6404	517971.6597	253065.6168
9	96.35973976	17.11913936	519.6041254	0	462.4564635	0	0	0	0	0	505638.3084	456755.2646	216897.965
10	96.26470546	14.27381189	456.1573051	0	333.1176889	0	0	0	0	0	361362.7203	335212.0581	134966.2613
11	96.25770702	11.24649395	489.1121821	0	653.0349615	0	0	0	0	0	301279.661	274366.8633	124467.9012
12	95.9843189	8.222726355	148.4786502	0	116.4299798	0	0	0	0	0	236707.3669	213110.6037	103025.4731
13	95.30422671	3.48865402	18.25606031	0	18.25606031	0	0	0	0	0	171839.2357	151269.179	81525.20112
14	95.04453975	29.62229271	2632.440677	0	1316.220338	0	0	0	0	0	72707.53254	60376.91647	40509.42169
15	94.87046427	8.488238071	222.6350733	0	159.9514119	0	0	0	0	0	616231.6896	557634.9078	262268.5739
16	94.69399409	5.509632605	95.07515313	0	67.39043421	0	0	0	0	0	176252.108	162674.659	67836.27986
17	94.40092024	2.562319815	3.872321776	0	1.280269153	0	0	0	0	0	114049.4515	103347.2898	48234.99844
18	94.29787	10.57872467	239.8442597	0	78.92971087	0	0	0	0	0	52982.14675	44316.09222	29037.76583
19	99.47572321	123.8762959	22695.75295	0	11559.64212	0	0	0	0	0	230751.6166	205543.1631	104872.8595
20	97.50469994	72.49210682	5770.105895	0	2938.655024	0	0	0	0	0	2648549.499	2159680.442	1533164.974
21	96.9564618	65.90829463	4966.384643	0	2529.454892	0	0	0	0	0	1541209.983	1135762.823	1041811.413
22	96.45137749	62.94139947	9733.699767	0	8402.595525	0	0	0	0	0	1393936.024	1013836.876	956656.9023
23	98.42449648	48.23713556	3149.585239	0	2152.076971	0	0	0	0	0	1358419.57	961949.7756	959143.5547
24	97.76075599	43.47466096	5091.784316	0	4020.695166	0	0	0	0	0	1034047.276	930742.8001	450523.7045
25	97.42994448	21.77417272	1274.420038	0	997.2052329	0	0	0	0	0	928801.6793	838728.3425	399007.9284
26	96.91527366	60.30193612	2214.521011	0	1127.98755	0	0	0	0	0	462730.6032	416480.1158	201652.9797
27	96.68051524	57.51677553	2820.553814	0	1436.080707	0	0	0	0	0	1278393.476	880352.1675	926968.1441
28	95.63243196	54.75540306	9525.135778	0	8398.129628	0	0	0	0	0	1206129.845	810308.2603	893392.2583
29	94.88209963	52.18530482	6570.248149	0	5723.844632	0	0	0	0	0	1139214.751	743927.1259	862776.1473
30	94.56250465	45.99809145	3221.342675	0	1640.821836	0	0	0	0	0	1082085.368	680679.7756	841179.996
31	94.22157252	19.27747171	1086.32226	0	1073.612825	0	0	0	0	0	950352.0012	560154.2861	767721.3699
32	94.15437724	11.26583658	118.2251173	0	137.7960385	0	0	0	0	0	398001.6959	359914.5315	169902.5602
33	94.26477547	0	0	0	0	0	0	0	0	0	232866.6083	212830.5831	94498.67791



## **Lampiran – 9**

### **Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

### **Advanced-OPF-CP-HCT : Rekonfigurasi Jaringan – 2 FO**

**HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI JARINGAN**
**JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS**
**ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS**

Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)
1	100	207.0756625	11860.69928	138252.9653	6046.12653	102178.2409	94.15437724	100	32	1	4540706.097	3853251.855	2402178.594
2	99.7078987	78.5551775	3036.090629	0	2897.245021	0	94.15437724	100	32	1	4527442.635	3841391.156	2396132.467
3	98.78125785	74.04302572	24739.74132	0	22292.4115	0	0	0	0	0	1701546.019	1527732.866	749193.664
4	98.39001432	69.43908219	5923.564267	0	6920.227462	0	0	0	0	0	1597458.242	1431936.99	708116.7224
5	98.02160393	35.18779656	2633.23959	0	3481.641229	0	0	0	0	0	1492519.829	1335695.515	665982.6796
6	97.09253778	30.53459218	2797.083959	0	1398.541979	0	0	0	0	0	749155.9932	667697.9855	339726.5111
7	96.3957284	27.24282752	3268.523952	0	2571.624772	0	0	0	0	0	645422.7157	577513.0505	288182.5089
8	96.50342641	23.93040333	930.4647975	0	1224.756932	0	0	0	0	0	576486.6404	517971.6597	253065.6168
9	96.35973976	17.11913936	519.6041254	0	462.4564635	0	0	0	0	0	505638.3084	456755.2646	216897.965
10	96.26470546	14.27381189	456.1573051	0	333.1176889	0	0	0	0	0	361362.7203	335212.0581	134966.2613
11	96.25770702	11.24649395	489.1121821	0	653.0349615	0	0	0	0	0	301279.661	274366.8633	124467.9012
12	95.9843189	8.222726355	148.4786502	0	116.4299798	0	0	0	0	0	236707.3669	213110.6037	103025.4731
13	95.30422671	3.48865402	18.25606031	0	18.25606031	0	0	0	0	0	171839.2357	151269.179	81525.20112
14	95.04453975	29.62229271	2632.440677	0	1316.220338	0	0	0	0	0	72707.53254	60376.91647	40509.42169
15	94.87046427	8.488238071	222.6350733	0	159.9514119	0	0	0	0	0	616231.6896	557634.9078	262268.5739
16	94.69399403	5.509632605	95.07515313	0	67.39043421	0	0	0	0	0	176252.108	162674.659	67836.27986
17	94.40092024	2.562319815	3.872321776	0	1.280269153	0	0	0	0	0	114049.4515	103347.2898	48234.99844
18	94.29787	10.57872467	239.8442597	0	78.92971087	0	0	0	0	0	52982.14675	44316.09222	29037.76583
19	99.47572321	123.8762959	22695.75295	0	11559.64212	0	0	0	0	0	230751.6166	205543.1631	104872.8595
20	97.50469994	72.49210682	5770.105895	0	2938.655024	0	0	0	0	0	2648549.499	2159680.442	1533164.974
21	96.9564618	65.90829463	4966.384643	0	2529.454892	0	0	0	0	0	1541209.983	1135762.823	1041811.413
22	96.45137749	62.94139947	9733.699767	0	8402.595525	0	0	0	0	0	1393936.024	1013836.876	956656.9023
23	98.42449648	48.23713556	3149.585239	0	2152.076971	0	0	0	0	0	1358419.57	961949.7756	959143.5547
24	97.76075599	43.47466096	5091.784316	0	4020.695166	0	0	0	0	0	1034047.276	930742.8001	450523.7045
25	97.42994448	21.77417272	1274.420038	0	997.2052329	0	0	0	0	0	928801.6793	838728.3425	399007.9284
26	96.91527366	60.30193612	2214.521011	0	1127.98755	0	0	0	0	0	462730.6032	416480.1158	201652.9797
27	96.68051524	57.51677553	2820.553814	0	1436.080707	0	0	0	0	0	1278393.476	880352.1675	926968.1441
28	95.63243196	54.75540306	9525.135778	0	8398.129628	0	0	0	0	0	1206129.845	810308.2603	893392.2583
29	94.88209963	52.18530482	6570.248149	0	5723.844632	0	0	0	0	0	1139214.751	743927.1259	862776.1473
30	94.56250465	45.99809145	3221.342675	0	1640.821836	0	0	0	0	0	1082085.368	680679.7756	841179.996
31	94.22157252	19.27747171	1086.32226	0	1073.612825	0	0	0	0	0	950352.0012	560154.2861	767721.3699
32	94.15437724	11.26583658	118.2251173	0	137.7960385	0	0	0	0	0	398001.6959	359914.5315	169902.5602
33	94.26477547	0	0	0	0	0	0	0	0	0	232866.6083	212830.5831	94498.67791

## **Lampiran – 10**

**Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS**

**Advanced-OPF-CP-HCT : Rekonfigurasi Jaringan – 1 & 2 FO**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI JARINGAN														
JARINGAN RIIL- PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS														
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN														
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	
1	100	319.0943869	6560.13806	13330.08541	3280.06903	6665.214414	99.81471713	100	43	1	11053753.81	9398330.085	5818665.214	
2	99.93392034	313.322489	600.5118977	0	300.4032053	0	99.81471713	100	43	1	11046449.53	9391769.947	5815385.145	
3	99.92775932	308.7046862	386.245158	0	192.9796311	0	0	0	0	0	10845968.54	9221169.435	5710084.742	
4	99.9237385	124.3225278	463.6827279	0	231.841364	0	0	0	0	0	10685688.73	9084783.19	5625891.763	
5	99.91888196	7.240176858	0.388747914	0	0.194373957	0	0	0	0	0	4303165.218	3658630.558	2265315.284	
6	99.90492797	36.5794002	7.562672838	0	3.781336419	0	0	0	0	0	250568.6361	212985.021	131992.5082	
7	99.88735893	34.39879248	33.38970824	0	16.69485412	0	0	0	0	0	1265720.265	1075781.096	666890.4121	
8	99.86381418	32.08943447	13.66042212	0	6.830211058	0	0	0	0	0	1189986.323	1011545.195	626772.5005	
9	99.85981216	177.1428635	267.6365578	0	133.8653483	0	0	0	0	0	1110052.275	943536.9906	584768.3302	
10	99.849622	172.5246507	749.0002976	0	374.5001488	0	0	0	0	0	6127180.985	5208880.024	3226440.101	
11	99.84427176	169.6302575	927.1982724	0	463.6422978	0	0	0	0	0	5967122.225	5072692.444	3142346.1	
12	99.83890901	163.8556699	1200.297113	0	600.1485563	0	0	0	0	0	5866698.516	4987463.991	3089232.012	
13	99.82868533	162.4277754	202.2240256	0	101.151587	0	0	0	0	0	5666402.868	4817030.003	2984014.647	
14	99.82479938	155.1838455	491.995789	0	245.9978945	0	0	0	0	0	5616805.241	4774849.278	2957924.185	
15	99.82205245	2.896011784	0.067254425	0	0.033614632	0	0	0	0	0	5366160.124	4561795.572	2825897.315	
16	99.81796973	38.91309258	33.00715883	0	16.50357941	0	0	0	0	0	100138.1768	84971.59456	52985.68268	
17	99.81785856	2.18202578	0.012026883	0	0.006013442	0	0	0	0	0	1345533.822	1143681.174	708840.3471	
18	99.90659799	36.73108334	10.48711772	0	5.241535099	0	0	0	0	0	75516.98995	64040.46065	40020.4344	
19	99.90796623	32.10949955	22.11847123	0	11.05768908	0	0	0	0	0	1271231.012	1080730.508	669365.2629	
20	99.91108606	113.374756	188.72001	0	94.36000499	0	0	0	0	0	1111316.698	944672.4856	585336.3969	
21	99.91175056	2.896168428	0.112555775	0	0.056290469	0	0	0	0	0	3923950.832	3336252.392	2065625.839	
22	99.90918478	110.4786019	184.3277854	0	92.16389268	0	0	0	0	0	100235.1058	85058.5169	53029.47426	
23	99.90732225	107.5822965	342.1838474	0	171.1092846	0	0	0	0	0	3823544.171	3251039.379	2012519.065	
24	99.90393566	14.45264238	2.30476947	0	1.152384735	0	0	0	0	0	3723179.985	3165864.491	1959431.352	
25	99.90196872	93.12965434	112.5859332	0	56.30597631	0	0	0	0	0	500163.4202	425331.9008	263165.7674	
26	99.89925816	5.77821657	0.17438441	0	0.087142123	0	0	0	0	0	3222855.822	2740388.234	1696193.378	
27	99.89760672	87.35144097	74.64697288	0	37.33493185	0	0	0	0	0	199958.3398	170131.1477	105065.3618	
28	99.89721826	19.95927643	6.13215121	0	3.066673164	0	0	0	0	0	3022832.561	2570198.675	1591098.823	
29	99.89668739	67.39216839	85.60658548	0	42.79648019	0	0	0	0	0	690695.3038	587469.7731	363234.4537	
30	99.89661969	63.04211249	63.79956547	0	31.89382127	0	0	0	0	0	2332119.746	1982713.061	1227856.436	
31	99.89600232	4.350061755	0.150438146	0	0.075219073	0	0	0	0	0	2181571.691	1854594.272	1148797.253	
32	99.89548563	32.08943447	4.022132428	0	2.011066214	0	0	0	0	0	150533.0662	128105.1463	79052.3594	
33	99.89535928	80.50295889	64.25640216	0	32.13792217	0	0	0	0	0	1110447.42	943891.8766	584945.8081	
34	99.84954739	2.89428578	0.083056866	0	0.041540998	0	0	0	0	0	2784508.621	2367737.432	1465369.48	
35	99.84689573	77.60869048	44.9745537	0	22.47824219	0	0	0	0	0	100107.4966	84944.07693	52971.82898	
36	99.84597814	77.60869048	81.76370249	0	40.89088591	0	0	0	0	0	2684303.109	2282704.758	1412353.416	
37	99.8437642	57.66597081	35.28543941	0	17.64770775	0	0	0	0	0	2684243.589	2282651.278	1412326.727	
38	99.84687802	11.85994005	2.234355157	0	1.116966591	0	0	0	0	0	1994549.049	1696080.654	1049541.007	
39	99.84414687	4.346404721	0.167810832	0	0.083933753	0	0	0	0	0	410200.0672	348788.8329	215894.5232	
40	99.82817274	41.45962899	34.96244301	0	17.4812215	0	0	0	0	0	150305.1664	127900.2983	78950.34349	
41	99.82470238	36.84050758	18.92918916	0	9.462558745	0	0	0	0	0	1433686.047	1219070.098	754535.4705	
42	99.82106484	5.77402501	0.787142403	0	0.393571202	0	0	0	0	0	1273909.061	1083135.621	670568.058	
43	99.81471713	31.06648586	3.755307382	0	1.876206001	0	0	0	0	0	199647.4944	169851.7903	104926.1232	
44	99.90619513	9.967395152	1.061345005	0	0.530523479	0	0	0	0	0	1075165.134	914095.2219	566047.6934	
45	99.91157798	21.0991046	3.484362925	0	1.742849221	0	0	0	0	0	344975.3923	293045.5514	182022.8724	
46	99.90909256	4.619243754	0.04660091	0	0.023300455	0	0	0	0	0	730229.9857	621085.3898	384042.6678	
47	99.9013632	16.47986162	0.347086702	0	0.173543351	0	0	0	0	0	159857.4635	136006.7693	84003.37697	
48	99.9018446	11.86061763	2.278078812	0	1.139039406	0	0	0	0	0	570318.8039	485030.3488	300015.1644	
49	99.8971685	7.241346854	1.164103715	0	0.582051857	0	0	0	0	0	410441.3493	349005.5818	216002.7895	
50	99.89687608	2.894683677	0.113822966	0	0.056911483	0	0	0	0	0	250588.9294	213003.2446	132001.6263	
51	99.89665496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.155	85001.1653	53000.58668	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI JARINGAN														
JARINGAN RIIL- PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS														
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS														
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	
1	100	319.0943869	6560.13806	13330.08541	3280.06903	6665.214414	99.81471713	100	43	1	11053753.81	9398330.085	5818665.214	
2	99.93392034	313.322489	600.5118977	0	300.4032053	0	99.81471713	100	43	1	11046449.53	9391769.947	5815385.145	
3	99.92775932	308.7046862	386.245158	0	192.9796311	0	0	0	0	0	10845968.54	9221169.435	5710084.742	
4	99.9237385	124.3225278	463.6827279	0	231.841364	0	0	0	0	0	10685688.73	9084783.19	5625891.763	
5	99.91888196	7.240176858	0.388747914	0	0.194373957	0	0	0	0	0	4303165.218	3658630.558	2265315.284	
6	99.90492797	36.5794002	7.562672838	0	3.781336419	0	0	0	0	0	250568.6361	212985.021	131992.5082	
7	99.88735893	34.39879248	33.38970824	0	16.69485412	0	0	0	0	0	1265720.265	1075781.096	666890.4121	
8	99.86381418	32.08943447	13.66042212	0	6.830211058	0	0	0	0	0	1189986.323	1011545.195	626772.5005	
9	99.85981216	177.1428635	267.6365578	0	133.8653483	0	0	0	0	0	1110052.275	943536.9906	584768.3302	
10	99.849622	172.5246507	749.0002976	0	374.5001488	0	0	0	0	0	6127180.985	5208880.024	3226440.101	
11	99.84427176	169.6302575	927.1982724	0	463.6422978	0	0	0	0	0	5967122.225	5072692.444	3142346.1	
12	99.83890901	163.8556699	1200.297113	0	600.1485563	0	0	0	0	0	5866698.516	4987463.991	3089232.012	
13	99.82868533	162.4277754	202.2240256	0	101.151587	0	0	0	0	0	5666402.868	4817030.003	2984014.647	
14	99.82479938	155.1838455	491.995789	0	245.9978945	0	0	0	0	0	5616805.241	4774849.278	2957924.185	
15	99.82205245	2.896011784	0.067254425	0	0.033614632	0	0	0	0	0	5366160.124	4561795.572	2825897.315	
16	99.81796973	38.91309258	33.00715883	0	16.50357941	0	0	0	0	0	100138.1768	84971.59456	52985.68268	
17	99.81785856	2.18202578	0.012026883	0	0.006013442	0	0	0	0	0	1345533.822	1143681.174	708840.3471	
18	99.90659799	36.73108334	10.48711772	0	5.241535099	0	0	0	0	0	75516.98995	64040.46065	40020.4344	
19	99.90796623	32.10949955	22.11847123	0	11.05768908	0	0	0	0	0	1271231.012	1080730.508	669365.2629	
20	99.91108606	113.374756	188.72001	0	94.36000499	0	0	0	0	0	1111316.698	944672.4856	585336.3969	
21	99.91175056	2.896168428	0.112555775	0	0.056290469	0	0	0	0	0	3923950.832	3336252.392	2065625.839	
22	99.90918478	110.4786019	184.3277854	0	92.16389268	0	0	0	0	0	100235.1058	85058.5169	53029.47426	
23	99.90732225	107.5822965	342.1838474	0	171.1092846	0	0	0	0	0	3823544.171	3251039.379	2012519.065	
24	99.90393566	14.45264238	2.30476947	0	1.152384735	0	0	0	0	0	3723179.985	3165864.491	1959431.352	
25	99.90196872	93.12965434	112.5859332	0	56.30597631	0	0	0	0	0	500163.4202	425331.9008	263165.7674	
26	99.89925816	5.77821657	0.17438441	0	0.087142123	0	0	0	0	0	3222855.822	2740388.234	1696193.378	
27	99.89760672	87.35144097	74.64697288	0	37.33493185	0	0	0	0	0	199958.3398	170131.1477	105065.3618	
28	99.89721826	19.95927643	6.13215121	0	3.066673164	0	0	0	0	0	3022832.561	2570198.675	1591098.823	
29	99.89668739	67.39216839	85.60658548	0	42.79648019	0	0	0	0	0	690695.3038	587469.7731	363234.4537	
30	99.89661969	63.04211249	63.79956547	0	31.89382127	0	0	0	0	0	2332119.746	1982713.061	1227856.436	
31	99.89600232	4.350061755	0.150438146	0	0.075219073	0	0	0	0	0	2181571.691	1854594.272	1148797.253	
32	99.89548563	32.08943447	4.022132428	0	2.011066214	0	0	0	0	0	150533.0662	128105.1463	79052.3594	
33	99.89535928	80.50295889	64.25640216	0	32.13792217	0	0	0	0	0	1110447.42	943891.8766	584945.8081	
34	99.84954739	2.89428578	0.083056866	0	0.041540998	0	0	0	0	0	2784508.621	2367737.432	1465369.48	
35	99.84689573	77.60869048	44.9745537	0	22.47824219	0	0	0	0	0	100107.4966	84944.07693	52971.82898	
36	99.84597814	77.60869048	81.76370249	0	40.89088591	0	0	0	0	0	2684303.109	2282704.758	1412353.416	
37	99.8437642	57.66597081	35.28543941	0	17.64770775	0	0	0	0	0	2684243.589	2282651.278	1412326.727	
38	99.84687802	11.85994005	2.234355157	0	1.116966591	0	0	0	0	0	1994549.049	1696080.654	1049541.007	
39	99.84414687	4.346404721	0.167810832	0	0.083933753	0	0	0	0	0	410200.0672	348788.8329	215894.5232	
40	99.82817274	41.45962899	34.96244301	0	17.4812215	0	0	0	0	0	150305.1664	127900.2983	78950.34349	
41	99.82470238	36.84050758	18.92918916	0	9.462558745	0	0	0	0	0	1433686.047	1219070.098	754535.4705	
42	99.82106484	5.77402501	0.787142403	0	0.393571202	0	0	0	0	0	1273909.061	1083135.621	670568.058	
43	99.81471713	31.06648586	3.755307382	0	1.876206001	0	0	0	0	0	199647.4944	169851.7903	104926.1232	
44	99.90619513	9.967395152	1.061345005	0	0.530523479	0	0	0	0	0	1075165.134	914095.2219	566047.6934	
45	99.91157798	21.0991046	3.484362925	0	1.742849221	0	0	0	0	0	344975.3923	293045.5514	182022.8724	
46	99.90909256	4.619243754	0.04660091	0	0.023300455	0	0	0	0	0	730229.9857	621085.3898	384042.6678	
47	99.9013632	16.47986162	0.347086702	0	0.173543351	0	0	0	0	0	159857.4635	136006.7693	84003.37697	
48	99.9018446	11.86061763	2.278078812	0	1.139039406	0	0	0	0	0	570318.8039	485030.3488	300015.1644	
49	99.8971685	7.241346854	1.164103715	0	0.582051857	0	0	0	0	0	410441.3493	349005.5818	216002.7895	
50	99.89687608	2.894683677	0.113822966	0	0.056911483	0	0	0	0	0	250588.9294	213003.2446	132001.6263	
51	99.89665496	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.155	85001.1653	53000.58668	

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## **Lampiran – 11**

**Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1 ,2 & 3 Kapasitor Bank**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK															
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS															
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 1 UNIT KAPASITOR BANK															
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	176.8777481	8653.635071	163499.646	4411.289028	121920.9943	93.92175722	100	1	33	3878533.381	3878498.536	16440.54114	2405480.806	7
2	99.77646748	156.0927088	36035.73699	0	18354.10458	0	93.92175722	100	1	33	3869863.597	3869844.901	12029.25211	2405480.806	7
3	98.76026114	113.2543641	14083.55299	0	7172.607318	0	93.92175722	100	1	33	3380330.624	3372673.065	-227401.677	2405480.806	7
4	98.30479556	109.1801719	13628.49035	0	6941.196477	0	93.92175722	100	1	33	2441315.922	2329070.237	-731748.086	2405480.806	7
5	97.87159182	107.0734593	28168.83102	0	24316.68319	0	0	0	0	0	2343121.229	2195441.846	-818689.313	0	0
6	97.14934146	101.6136047	5798.702327	0	19167.93269	0	0	0	0	0	2280951.38	2107273.055	-873005.996	0	0
7	97.76095734	46.01450969	4537.872591	0	1493.356448	0	0	0	0	0	2178269.632	1092149.129	-1884693.31	0	0
8	97.29107062	35.53652326	3902.189461	0	2803.514758	0	0	0	0	0	981662.304	887611.056	419294.0404	0	0
9	96.68542321	32.57369114	3323.19405	0	2355.520687	0	0	0	0	0	753408.0769	683708.6666	316490.4256	0	0
10	96.1236915	29.59725404	516.6632942	0	170.8195022	0	0	0	0	0	686580.9482	620385.4425	294134.8349	0	0
11	96.04061532	27.05393736	822.0875197	0	271.8334267	0	0	0	0	0	623305.1097	559868.7492	273963.9454	0	0
12	95.8957654	23.76429121	2487.121727	0	1956.829424	0	0	0	0	0	568884.6861	514046.6517	243692.072	0	0
13	95.30537358	20.45928708	680.112729	0	895.2222388	0	0	0	0	0	496634.1581	451559.54	206735.2626	0	0
14	95.08646902	13.70268118	332.9046348	0	296.2907579	0	0	0	0	0	426583.0056	390879.4373	170840.0603	0	0
15	94.95008853	10.8271866	262.4617013	0	191.6677304	0	0	0	0	0	285295.7224	270546.6326	90543.73958	0	0
16	94.81799853	7.789240291	234.6196461	0	313.2509006	0	0	0	0	0	225113.0843	210284.1909	80352.09885	0	0
17	94.62225708	4.749713969	49.54128299	0	38.84794595	0	0	0	0	0	161615.3987	150049.5913	60038.79795	0	0
18	94.56363983	18.07371319	160.7162814	0	153.3664515	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0
19	99.72367019	13.56976889	830.9439713	0	748.7444879	0	0	0	0	0	395220.9639	360975.4024	160923.4885	0	0
20	99.36617595	9.049617066	100.6087066	0	117.5365207	0	0	0	0	0	295668.7061	270144.3885	120174.844	0	0
21	99.29577788	4.526260318	43.56977195	0	57.60748659	0	0	0	0	0	197040.417	180043.7098	80057.40749	0	0
22	99.23208332	48.24762617	3150.955332	0	2153.013141	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0
23	98.40342214	43.48413142	5094.002932	0	4022.447082	0	0	0	0	0	1041071.327	936368.2501	455020.8883	0	0
24	97.73953698	21.77893206	1274.977218	0	997.6412135	0	0	0	0	0	931956.0028	841274.1772	400998.4412	0	0
25	97.40865315	63.79706516	2478.669904	0	1262.534325	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0
26	96.96101372	60.99699685	3172.212228	0	1615.127057	0	0	0	0	0	1356413.742	946846.5945	971256.7965	0	0
27	96.71076451	58.21689332	10767.50958	0	9493.506798	0	0	0	0	0	1293533.268	883674.3823	944641.6794	0	0
28	95.59414705	55.61875043	7463.246369	0	6501.80354	0	0	0	0	0	1220322.62	812906.8727	910148.1826	0	0
29	94.79199935	49.37301016	3711.389316	0	1890.4318	0	0	0	0	0	1156078.286	745443.6163	883646.3191	0	0
30	94.44478293	22.78698225	1517.861544	0	1500.103312	0	0	0	0	0	1022496.692	621732.627	811756.1373	0	0
31	94.0386858	14.76423022	202.7237193	0	236.6635936	0	0	0	0	0	469880.7986	420214.6655	210256.034	0	0
32	93.94943818	3.501395179	12.54174287	0	19.5003873	0	0	0	0	0	304158.0595	270012.3417	140019.5004	0	0
33	93.92175722	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK															
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS															
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 2 UNIT KAPASITOR BANK															
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	195.3069308	10550.85091	259979.3499	5378.416412	212179.3901	95.32225931	100	1	33	4282644.136	3974978.24	-1593922.452	1700621.389	9
2	99.81829396	180.374192	48119.04189	0	24508.50188	0	95.32225931	100	1	33	4274862.313	3964427.389	-1599300.869	1700621.389	9
3	99.03067995	155.2741296	26472.84073	0	13482.34294	0	95.32225931	100	1	33	3916864.003	3455173.209	-1844885.284	1700621.389	9
4	98.7498194	154.0458961	27130.66688	0	13818.05942	0	95.32225931	100	1	33	3362248.019	2399234.28	-2355501.35	1700621.389	9
5	98.50349586	153.2172123	57679.33821	0	49791.56549	0	0	0	0	0	3327331.792	2252103.713	-2449319.44	0	0
6	98.5027148	171.144542	16449.5191	0	54374.7993	0	0	0	0	0	3309406.3	2134424.415	-2529111.005	0	0
7	99.75296378	71.40912416	10928.74049	0	3596.510207	0	0	0	0	0	3743546.177	1109498.305	-3575353.338	0	0
8	99.53576923	70.60004098	15401.69028	0	11065.29205	0	0	0	0	0	1558573.245	898569.3641	-1273469.142	0	0
9	99.72919004	31.54925831	3117.454051	0	2209.689654	0	0	0	0	0	1543908.571	683167.4739	-1384534.535	0	0
10	99.18513995	28.66464317	484.6161107	0	160.2240449	0	0	0	0	0	686167.4263	620049.9898	293877.0951	0	0
11	99.10467999	26.20001213	771.010122	0	254.9440523	0	0	0	0	0	622923.9609	559565.3437	273716.801	0	0
12	98.96439914	23.01242528	2332.233842	0	1834.966001	0	0	0	0	0	568558.0562	513794.3236	243461.817	0	0
13	98.39270881	19.81116841	637.7053931	0	839.4020956	0	0	0	0	0	496500.4444	451462.0997	206626.871	0	0
14	98.18075074	13.26762517	312.1009728	0	277.7751468	0	0	0	0	0	426511.5255	390824.4043	170787.4889	0	0
15	98.04870562	10.48296391	246.0383907	0	179.6742905	0	0	0	0	0	285252.4552	270512.4034	90509.68374	0	0
16	97.92081769	7.541270041	219.919205	0	293.6237021	0	0	0	0	0	225088.5768	210266.385	80330.03645	0	0
17	97.73131299	4.598436157	46.43577072	0	36.4127492	0	0	0	0	0	161611.6108	150046.4858	60036.36275	0	0
18	97.67456276	18.06608279	160.5806069	0	153.2369816	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0
19	99.76551899	13.56402775	830.241004	0	748.1110603	0	0	0	0	0	395219.8921	360974.5774	160922.7068	0	0
20	99.40817609	9.045785703	100.5235346	0	117.4370182	0	0	0	0	0	295668.5343	270144.2664	120174.6957	0	0
21	99.33780783	4.524342793	43.53286358	0	57.55868675	0	0	0	0	0	197040.3634	180043.6729	80057.35869	0	0
22	99.27414026	48.11286851	3133.378409	0	2141.003022	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0
23	98.67483818	43.362479	5065.540551	0	3999.971943	0	0	0	0	0	1041027.031	936332.6399	454992.8201	0	0
24	98.01281128	21.71779692	1267.829346	0	992.0481638	0	0	0	0	0	931947.1439	841267.0293	400992.8482	0	0
25	97.68285643	62.87148853	2407.269858	0	1226.166027	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0
26	98.3171258	60.11016696	3080.64175	0	1568.504087	0	0	0	0	0	1355430.487	946069.3613	970641.3178	0	0
27	98.07052385	57.36873255	10456.05177	0	9218.900417	0	0	0	0	0	1292649.44	882988.7196	944072.8237	0	0
28	96.97018581	54.80757154	7247.136513	0	6313.533752	0	0	0	0	0	1219853.891	812532.6678	909853.9333	0	0
29	96.17974491	48.65207096	3603.794052	0	1835.627119	0	0	0	0	0	1155895.341	745285.5213	883540.3395	0	0
30	95.83760407	22.45257569	1473.638191	0	1456.39735	0	0	0	0	0	1022425.358	621682.1273	811704.9624	0	0
31	95.43747027	14.54740686	196.8131531	0	229.7634843	0	0	0	0	0	469871.8435	420208.3891	210248.5651	0	0
32	95.34953356	3.449951672	12.17591636	0	18.9315861	0	0	0	0	0	304157.4729	270011.9759	140018.9316	0	0
33	95.32225931	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 3 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	246.732336	16838.5355	340073.4246	8583.63524	279387.531	96.1775134	100.848485	7	33	5410288.24	4055072.31	-3581564.94	1332954.19	25	
2	99.87228445	238.6764165	84253.35261	0	42912.8131	0	96.1775134	100.848485	7	33	5403378.46	4038233.78	-3590148.57	1332954.19	25	
3	99.38358237	178.7562074	35085.25227	0	17868.5547	0	96.1775134	100.848485	7	33	5201378.87	3492846.53	-3854136.13	1332954.19	25	
4	99.17963424	178.3319012	36359.53185	0	18518.4601	0	96.1775134	100.848485	7	33	3887567.72	2415810.06	-3045824.11	1332954.19	25	
5	99.01626111	177.8675451	77731.77383	0	67101.7877	0	0	0	0	0	3871951.39	2259450.62	-3144342.6	0	0	
6	99.32985727	200.956502	22679.38239	0	74967.9586	0	0	0	0	0	3874100.26	2121718.89	-3241444.39	0	0	
7	100.8484855	44.54813509	4253.258284	0	1399.69348	0	0	0	0	0	4443915.33	1091063.21	-4307895.61	0	0	
8	100.393563	34.39401174	3655.309454	0	2626.14466	0	0	0	0	0	980685.443	886809.754	418703.234	0	0	
9	99.80741266	31.5237926	3112.423433	0	2206.12389	0	0	0	0	0	752731.283	683154.244	316076.99	0	0	
10	99.26380209	28.6414622	483.8326138	0	159.965005	0	0	0	0	0	686157.32	620041.791	293870.796	0	0	
11	99.18340716	26.17878876	769.7615114	0	254.531184	0	0	0	0	0	622914.646	559557.928	273710.761	0	0	
12	99.04323986	22.99374067	2328.448131	0	1831.98746	0	0	0	0	0	568550.074	513788.157	243456.19	0	0	
13	98.47201426	19.79506303	636.6689766	0	838.037876	0	0	0	0	0	496497.177	451459.719	206624.222	0	0	
14	98.2602288	13.25681549	311.5926172	0	277.322702	0	0	0	0	0	426509.779	390823.06	170786.204	0	0	
15	98.12829138	10.47441172	245.6371091	0	179.381247	0	0	0	0	0	285251.398	270511.567	90508.8517	0	0	
16	98.00050785	7.535109645	219.5600516	0	293.144181	0	0	0	0	0	225087.978	210265.95	80329.4974	0	0	
17	97.81115809	4.594678007	46.3599009	0	36.3532557	0	0	0	0	0	161611.518	150046.41	60036.3033	0	0	
18	97.75445424	18.05624286	160.4057299	0	153.070102	0	0	0	0	0	98488.6014	90000.07	39999.9	0	0	
19	99.81953825	13.55662419	829.3349217	0	747.29461	0	0	0	0	0	395218.511	360973.514	160921.699	0	0	
20	99.46239052	9.04084492	100.4137532	0	117.308766	0	0	0	0	0	295668.313	270144.109	120174.505	0	0	
21	99.3920607	4.521870026	43.48529105	0	57.4957869	0	0	0	0	0	197040.294	180043.625	80057.2958	0	0	
22	99.32842794	59.05872464	4721.266049	0	3225.98919	0	0	0	0	0	98488.6014	90000.07	39999.9	0	0	
23	99.28250962	57.74072605	8981.772951	0	7092.4	0	0	0	0	0	1285734.05	947229.883	-869406.455	0	0	
24	99.21254412	55.39643242	8248.839581	0	6454.53285	0	0	0	0	0	1256154.79	848248.04	-926498.855	0	0	
25	99.47132685	62.31927398	2365.168372	0	1204.72123	0	0	0	0	0	1208297.96	419999.6	-1132953.79	0	0	
26	99.14590213	59.58110775	3026.651902	0	1541.01524	0	0	0	0	0	1354850.85	945611.167	970278.484	0	0	
27	98.90147586	56.86277815	10272.43408	0	9057.00822	0	0	0	0	0	1292128.42	882584.516	943737.478	0	0	
28	97.81084878	54.32369607	7119.736894	0	6202.54622	0	0	0	0	0	1219577.59	812312.081	909680.48	0	0	
29	97.02739093	48.22204218	3540.368747	0	1803.32083	0	0	0	0	0	1155787.51	745192.335	883477.874	0	0	
30	96.68827746	22.25314288	1447.575561	0	1430.63964	0	0	0	0	0	1022383.32	621652.366	811674.803	0	0	
31	96.29169999	14.41810136	193.3299316	0	225.697104	0	0	0	0	0	469866.566	420204.69	210244.163	0	0	
32	96.20454505	3.419273138	11.96033165	0	18.5963866	0	0	0	0	0	304157.127	270011.76	140018.596	0	0	
33	96.17751335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.0255	60000	40000	0	0	

## **Lampiran – 12**

**Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 2 FO - 1 ,2 & 3 Kapasitor Bank**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS- 1 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	176.8777481	8653.635071	163499.646	4411.289028	121920.9943	93.92175722	100	1	33	3878533.381	3878498.536	16440.54114	2405480.806	7	
2	99.77646748	156.0927088	36035.73699	0	18354.10458	0	93.92175722	100	1	33	3869863.597	3869844.901	12029.25211	2405480.806	7	
3	98.76026114	113.2543641	14083.55299	0	7172.607318	0	93.92175722	100	1	33	3380330.624	3372673.065	-227401.6774	2405480.806	7	
4	98.30479556	109.1801719	13628.49035	0	6941.196477	0	93.92175722	100	1	33	2441315.922	2329070.237	-731748.0862	2405480.806	7	
5	97.87159182	107.0734593	28168.83102	0	24316.68319	0	0	0	0	0	2343121.229	2195441.846	-818689.3126	0	0	
6	97.14934146	101.6136047	5798.702327	0	19167.93269	0	0	0	0	0	2280951.38	2107273.055	-873005.9958	0	0	
7	97.76095734	46.01450969	4537.872591	0	1493.356448	0	0	0	0	0	2178269.632	1092149.129	-1884693.309	0	0	
8	97.29107062	35.53652326	3902.189461	0	2803.514758	0	0	0	0	0	981662.304	887611.056	419294.0404	0	0	
9	96.68542321	32.57369114	3323.19405	0	2355.520687	0	0	0	0	0	753408.0769	683708.6666	316490.4256	0	0	
10	96.1236915	29.59725404	516.6632942	0	170.8195022	0	0	0	0	0	686580.9482	620385.4425	294134.8349	0	0	
11	96.04061532	27.05393736	822.0875197	0	271.8334267	0	0	0	0	0	623305.1097	559868.7492	273963.9454	0	0	
12	95.8957654	23.76429121	2487.121727	0	1956.829424	0	0	0	0	0	568884.6861	514046.6517	243692.072	0	0	
13	95.30537358	20.45928708	680.112729	0	895.2222388	0	0	0	0	0	496634.1581	451559.54	206735.2626	0	0	
14	95.08646902	13.70268118	332.9046348	0	296.2907579	0	0	0	0	0	426583.0056	390879.4373	170840.0603	0	0	
15	94.95008853	10.8271866	262.4617013	0	191.6677304	0	0	0	0	0	285295.7224	270546.6326	90543.73958	0	0	
16	94.81799853	7.789240291	234.6196461	0	313.2509006	0	0	0	0	0	225113.0843	210284.1909	80352.09885	0	0	
17	94.62225708	4.749713969	49.54128299	0	38.84794595	0	0	0	0	0	161615.3987	150049.5913	60038.79795	0	0	
18	94.56363983	18.07371319	160.7162814	0	153.3664515	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	
19	99.72367019	13.56976889	830.9439713	0	748.7444879	0	0	0	0	0	395220.9639	360975.4024	160923.4885	0	0	
20	99.36617595	9.049617066	100.6087066	0	117.5365207	0	0	0	0	0	295668.7061	270144.3885	120174.844	0	0	
21	99.29577788	4.526260318	43.56977195	0	57.60748659	0	0	0	0	0	197040.417	180043.7098	80057.40749	0	0	
22	99.23208332	48.24762617	3150.955332	0	2153.013141	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	
23	98.40342214	43.48413142	5094.002932	0	4022.447082	0	0	0	0	0	1041071.327	936368.2501	455020.8883	0	0	
24	97.73953698	21.77893206	1274.977218	0	997.6412135	0	0	0	0	0	931956.0028	841274.1772	400998.4412	0	0	
25	97.40865315	63.79706516	2478.669904	0	1262.534325	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	
26	96.96101372	60.99699685	3172.212228	0	1615.127057	0	0	0	0	0	1356413.742	946846.5945	971256.7965	0	0	
27	96.71076451	58.21689332	10767.50958	0	9493.506798	0	0	0	0	0	1293533.268	883674.3823	944641.6794	0	0	
28	95.59414705	55.61875043	7463.246369	0	6501.80354	0	0	0	0	0	1220322.62	812906.8727	910148.1826	0	0	
29	94.79199935	49.37301016	3711.389316	0	1890.4318	0	0	0	0	0	1156078.286	745443.6163	883646.3191	0	0	
30	94.44478293	22.78698225	1517.861544	0	1500.103312	0	0	0	0	0	1022496.692	621732.627	811756.1373	0	0	
31	94.0386858	14.76423022	202.7237193	0	236.6635936	0	0	0	0	0	469880.7986	420214.6655	210256.034	0	0	
32	93.94943818	3.501395179	12.54174287	0	19.5003873	0	0	0	0	0	304158.0595	270012.3417	140019.5004	0	0	
33	93.92175722	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK															
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS															
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS- 2 UNIT KAPASITOR BANK															
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	210.3156611	12234.75854	297687.3104	6236.807505	254981.3103	95.93148193	100.6139811	7	33	4611752.02	4012686.2	-2273016.97	2422517.828	7
2	99.83613072	197.9462724	57951.25286	0	29516.34808	0	95.93148193	100.6139811	7	33	4604194.775	4000451.442	-2279253.78	2422517.828	7
3	99.14689491	179.1771542	35250.68892	0	17952.80989	0	95.93148193	100.6139811	7	33	4303489.804	3481365.46	-2529845.65	2422517.828	7
4	98.94212921	178.7497173	36530.10587	0	18605.33602	0	95.93148193	100.6139811	7	33	3887390.953	2416671.403	-3044915.06	2422517.828	7
5	98.77807033	178.2834192	78095.68982	0	67415.93741	0	0	0	0	0	3871686.949	2260141.397	-3143520.43	0	0
6	99.09186183	201.4235739	22784.92974	0	75316.85117	0	0	0	0	0	3873854.243	2122045.747	-3240936.37	0	0
7	100.6139811	44.6561526	4273.909354	0	1406.489488	0	0	0	0	0	4443886.558	1091141.957	-4307845.98	0	0
8	100.1579562	34.47813888	3673.212967	0	2639.007376	0	0	0	0	0	980756.2631	886867.8478	418746.0663	0	0
9	99.57037034	31.60109146	3127.705969	0	2216.95634	0	0	0	0	0	752780.3433	683194.4348	316106.959	0	0
10	99.02542565	28.71182627	486.212817	0	160.7519488	0	0	0	0	0	686188.0235	620066.6989	293889.9326	0	0
11	98.94483332	26.24321095	773.5547152	0	255.7854536	0	0	0	0	0	622942.9451	559580.4561	273729.1107	0	0
12	98.80432131	23.05045695	2339.948981	0	1841.036155	0	0	0	0	0	568574.3243	513806.8913	243473.2852	0	0
13	98.23168506	19.84395031	639.8175843	0	842.1823416	0	0	0	0	0	496507.1034	451466.9524	206632.2691	0	0
14	98.01937567	13.28962804	313.1370003	0	278.6972289	0	0	0	0	0	426515.0849	390827.1448	170790.1067	0	0
15	97.88711129	10.50037182	246.8562071	0	180.2715168	0	0	0	0	0	285254.6096	270514.1078	90511.37949	0	0
16	97.75901087	7.553809525	220.6511682	0	294.600978	0	0	0	0	0	225089.7971	210267.2716	80331.13498	0	0
17	97.5691908	4.606085883	46.59039562	0	36.53399878	0	0	0	0	0	161611.7994	150046.6404	60036.484	0	0
18	97.51234616	18.0628308	160.5228013	0	153.1818196	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0
19	99.78336525	13.56158095	829.9414983	0	747.8411826	0	0	0	0	0	395219.4354	360974.2259	160922.3737	0	0
20	99.42608685	9.044152824	100.4872463	0	117.3946243	0	0	0	0	0	295668.4611	270144.2144	120174.6325	0	0
21	99.3557313	4.523525568	43.51713846	0	57.53789516	0	0	0	0	0	197040.3406	180043.6571	80057.3379	0	0
22	99.29207523	48.0551888	3125.870065	0	2135.872653	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0
23	98.79147998	43.31040918	5053.382417	0	3990.37135	0	0	0	0	0	1041008.109	936317.4285	454980.8304	0	0
24	98.13024845	21.69163032	1264.776108	0	989.6590732	0	0	0	0	0	931943.3597	841263.9761	400990.4591	0	0
25	97.80069121	62.47713947	2377.16631	0	1210.832495	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0
26	98.90743962	59.73235075	3042.037346	0	1548.848713	0	0	0	0	0	1355016.02	945741.7339	970381.8763	0	0
27	98.6623914	57.00741342	10324.75815	0	9103.141349	0	0	0	0	0	1292276.889	882699.6966	943833.0376	0	0
28	97.56898829	54.46201835	7156.040464	0	6234.173032	0	0	0	0	0	1219656.322	812374.9384	909729.9063	0	0
29	96.78353426	48.34497031	3558.442043	0	1812.526638	0	0	0	0	0	1155818.236	745218.888	883495.6732	0	0
30	96.44355539	22.31015011	1455.001746	0	1437.978943	0	0	0	0	0	1022395.297	621660.8459	811683.3966	0	0
31	96.04596137	14.45506268	194.3224184	0	226.8557525	0	0	0	0	0	469868.0699	420205.7442	210245.4176	0	0
32	95.95858296	3.428042404	12.02175863	0	18.69189569	0	0	0	0	0	304157.2257	270011.8218	140018.6919	0	0
33	95.93148193	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK															
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS															
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS- 3 UNIT KAPASITOR BANK															
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	246.732336	16838.5355	340073.4246	8583.635241	279387.5305	96.17751335	100.8484855	7	33	5410288.244	4055072.315	-3581564.94	1332954.188	25
2	99.87228445	238.6764165	84253.35261	0	42912.8131	0	96.17751335	100.8484855	7	33	5403378.465	4038233.779	-3590148.57	1332954.188	25
3	99.38358237	178.7562074	35085.25227	0	17868.55473	0	96.17751335	100.8484855	7	33	5201378.869	3492846.527	-3854136.13	1332954.188	25
4	99.17963424	178.3319012	36359.53185	0	18518.46009	0	96.17751335	100.8484855	7	33	3887567.718	2415810.056	-3045824.11	1332954.188	25
5	99.01626111	177.8675451	77731.77383	0	67101.78772	0	0	0	0	0	3871951.386	2259450.624	-3144342.6	0	0
6	99.32985727	200.956502	22679.38239	0	74967.95855	0	0	0	0	0	3874100.257	2121718.89	-3241444.39	0	0
7	100.8484855	44.54813509	4253.258284	0	1399.693482	0	0	0	0	0	4443915.333	1091063.212	-4307895.61	0	0
8	100.393563	34.39401174	3655.309454	0	2626.144658	0	0	0	0	0	980685.4429	886809.7538	418703.2345	0	0
9	99.80741266	31.5237926	3112.423433	0	2206.123891	0	0	0	0	0	752731.2834	683154.2443	316076.9898	0	0
10	99.26380209	28.6414622	483.8326138	0	159.9650048	0	0	0	0	0	686157.3195	620041.7909	293870.7959	0	0
11	99.18340716	26.17878876	769.7615114	0	254.5311838	0	0	0	0	0	622914.6456	559557.9283	273710.7609	0	0
12	99.04323986	22.99374067	2328.448131	0	1831.987462	0	0	0	0	0	568550.0738	513788.1568	243456.1897	0	0
13	98.47201426	19.79506303	636.6689766	0	838.0378762	0	0	0	0	0	496497.177	451459.7187	206624.2223	0	0
14	98.2602288	13.25681549	311.5926172	0	277.3227018	0	0	0	0	0	426509.779	390823.0597	170786.2044	0	0
15	98.12829138	10.47441172	245.6371091	0	179.3812469	0	0	0	0	0	285251.3982	270511.5671	90508.85168	0	0
16	98.00050785	7.535109645	219.5600516	0	293.1441809	0	0	0	0	0	225087.9781	210265.95	80329.49744	0	0
17	97.81115809	4.594678007	46.3599009	0	36.35325565	0	0	0	0	0	161611.5183	150046.4099	60036.30326	0	0
18	97.75445424	18.05624286	160.4057299	0	153.070102	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0
19	99.81953825	13.55662419	829.3349217	0	747.2946103	0	0	0	0	0	395218.5105	360973.514	160921.6992	0	0
20	99.46239052	9.04084492	100.4137532	0	117.3087657	0	0	0	0	0	295668.3128	270144.109	120174.5046	0	0
21	99.3920607	4.521870026	43.48529105	0	57.49578686	0	0	0	0	0	197040.2944	180043.6253	80057.29579	0	0
22	99.32842794	59.05872464	4721.266049	0	3225.989191	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0
23	99.28250962	57.74072605	8981.772951	0	7092.400001	0	0	0	0	0	1285734.045	947229.8825	-869406.455	0	0
24	99.21254412	55.39643242	8248.839581	0	6454.532847	0	0	0	0	0	1256154.794	848248.0396	-926498.855	0	0
25	99.47132685	62.31927398	2365.168372	0	1204.721231	0	0	0	0	0	1208297.956	419999.6	-1132953.79	0	0
26	99.14590213	59.58110775	3026.651902	0	1541.015237	0	0	0	0	0	1354850.846	945611.1674	970278.4836	0	0
27	98.90147586	56.86277815	10272.43408	0	9057.008224	0	0	0	0	0	1292128.421	882584.5155	943737.4784	0	0
28	97.81084878	54.32369607	7119.736894	0	6202.546221	0	0	0	0	0	1219577.588	812312.0815	909680.4802	0	0
29	97.02739093	48.22204218	3540.368747	0	1803.320831	0	0	0	0	0	1155787.51	745192.3346	883477.874	0	0
30	96.68827746	22.25314288	1447.575561	0	1430.639641	0	0	0	0	0	1022383.319	621652.3658	811674.8031	0	0
31	96.29169999	14.41810136	193.3299316	0	225.6971041	0	0	0	0	0	469866.5662	420204.6903	210244.1635	0	0
32	96.20454505	3.419273138	11.96033165	0	18.59638664	0	0	0	0	0	304157.1272	270011.7603	140018.5964	0	0
33	96.17751335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0

## **Lampiran – 13**

**Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 1 & 2 FO - 1 ,2 & 3 Kapasitor Bank**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RIIL- PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN-1CAP																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	272.8311184	4795.815384	18809.175	2397.907692	9404.969778	99.7524808	100	1	33	9451147.177	9403809.175	944751.8034	4876653.166	18	
2	99.9469768	267.6549238	438.2167309	0	219.2158242	0	99.7524808	100	1	33	9446135.877	9399013.36	942353.8957	4876653.166	18	
3	99.94205619	263.5316012	281.4764113	0	140.6340323	0	99.7524808	100	1	33	9266466.082	9228575.143	837134.6799	4876653.166	18	
4	99.93885624	257.1064369	563.7986271	0	281.9984691	0	99.7524808	100	1	33	9123420.639	9092293.666	752994.0459	4876653.166	18	
5	99.93232056	253.0272429	1611.069379	0	805.5346893	0	0	0	0	0	8900400.413	8878729.868	620712.0474	0	0	
6	99.91341184	250.4860653	2021.776354	0	1010.982292	0	0	0	0	0	8757531.253	8741118.798	535906.5127	0	0	
7	99.8894994	245.4275309	2692.851287	0	1346.425643	0	0	0	0	0	8667503.595	8654097.022	481895.5304	0	0	
8	99.85715513	244.1822958	457.0255759	0	228.6022255	0	0	0	0	0	8489714.591	8481404.171	375549.1048	0	0	
9	99.85164494	237.8984294	1156.249389	0	578.1246944	0	0	0	0	0	8446173.911	8438947.145	349320.5026	0	0	
10	99.83743441	2.896365314	0.067270846	0	0.03362284	0	0	0	0	0	8227646.233	8224790.896	216742.3779	0	0	
11	99.82919545	38.91784339	33.01521885	0	16.50760942	0	0	0	0	0	100161.6642	84995.68299	52991.44131	0	0	
12	99.82086163	2.182292164	0.01202982	0	0.00601491	0	0	0	0	0	1345738.581	1143947.201	708799.7812	0	0	
13	99.80482264	36.73556777	10.48967857	0	5.242815034	0	0	0	0	0	75449.27021	63989.00366	39974.98951	0	0	
14	99.79838403	32.11341975	22.12387239	0	11.06038929	0	0	0	0	0	1269991.717	1079805.835	668504.5403	0	0	
15	99.79371357	202.8915768	604.3844116	0	302.1922058	0	0	0	0	0	1110146.677	943808.7498	584508.9284	0	0	
16	99.7859245	2.896605811	0.112589774	0	0.056307473	0	0	0	0	0	7013324.37	6991926.727	-547429.7713	0	0	
17	99.78425087	200.5676212	607.5137518	0	303.7568759	0	0	0	0	0	100124.8831	84979.11068	52948.49345	0	0	
18	99.78259802	198.2586463	1162.096401	0	581.1071602	0	0	0	0	0	6932761.406	6906681.048	-600780.8422	0	0	
19	99.77865957	14.45609794	2.305871723	0	1.152935862	0	0	0	0	0	6852679.57	6821430.509	-653684.2498	0	0	
20	99.77049187	186.950362	453.6916337	0	226.8982425	0	0	0	0	0	499624.6055	424907.2486	262828.036	0	0	
21	99.76889555	5.779745992	0.174476737	0	0.08718826	0	0	0	0	0	6461183.837	6395868.73	-916384.0708	0	0	
22	99.7663261	182.5504576	326.0152422	0	163.0576081	0	0	0	0	0	199748.4211	169960.8936	104941.5379	0	0	
23	99.7644609	19.96494447	6.135634523	0	3.06841516	0	0	0	0	0	6308838.484	6225630.594	-1021257.423	0	0	
24	99.76106947	168.0045795	532.0231795	0	265.9692515	0	0	0	0	0	689953.5059	586853.0924	362821.2897	0	0	
25	99.75909971	63.06235914	63.84055188	0	31.91431065	0	0	0	0	0	5805829.318	5638460.151	-1383987.427	0	0	
26	99.75638527	131.7894221	138.0791917	0	69.03959583	0	0	0	0	0	2179222.33	1852557.575	1147623.803	0	0	
27	99.75473146	130.0418714	142.2036599	0	71.07646363	0	0	0	0	0	4554122.208	3785693.627	-2531511.969	0	0	
28	99.75434245	32.12931237	4.032135339	0	2.016067669	0	0	0	0	0	4493716.23	3657717.694	-2610476.36	0	0	
29	99.75381081	92.3648252	113.1757075	0	56.58785377	0	0	0	0	0	1110251.963	943716.3697	584857.9608	0	0	
30	99.75374301	90.05247314	228.8324014	0	114.4162007	0	0	0	0	0	3191732.135	2713853.448	1679926.629	0	0	
31	99.75312476	87.86879748	43.63867132	0	21.81933566	0	0	0	0	0	3111807.881	2645854.061	1637926.914	0	0	
32	99.75260733	7.250543808	0.389861979	0	0.194930989	0	0	0	0	0	3036334.135	2581851.683	1597925.802	0	0	
33	99.7524808	80.6182551	64.44058979	0	32.23004385	0	0	0	0	0	250544.5206	212963.375	131981.6567	0	0	
34	99.83735979	2.898430211	0.083294901	0	0.041660052	0	0	0	0	0	2788156.227	2370343.466	1468089.575	0	0	
35	99.83470781	77.71984228	45.1034718	0	22.54267534	0	0	0	0	0	100238.6068	85037.41036	53069.92687	0	0	
36	99.8337901	77.71984228	81.99807548	0	41.0080983	0	0	0	0	0	2687819.452	2285217.335	1414975.314	0	0	
37	99.83157589	57.74856296	35.38658702	0	17.69829585	0	0	0	0	0	2687759.839	2285163.782	1414948.566	0	0	
38	99.83469009	11.87692535	2.240759637	0	1.120168226	0	0	0	0	0	1997161.929	1697947.566	1051489.341	0	0	
39	99.82907055	4.352629397	0.168291834	0	0.084174335	0	0	0	0	0	410725.51	349174.3827	216269.9586	0	0	
40	99.80430993	41.51901118	35.0626674	0	17.5313337	0	0	0	0	0	150484.4447	128043.5817	79059.53008	0	0	
41	99.79828701	36.89327417	18.98345248	0	9.489684569	0	0	0	0	0	1435359.578	1220440.956	755500.491	0	0	
42	99.79272569	5.78229502	0.789398832	0	0.394699416	0	0	0	0	0	1275371.498	1084357.111	671373.3045	0	0	
43	99.78267085	31.11098245	3.766072553	0	1.881584437	0	0	0	0	0	199869.2549	170044.3786	105036.3193	0	0	
44	99.78219466	9.981671318	1.064387483	0	0.532044291	0	0	0	0	0	1075368.722	914278.0651	566139.1248	0	0	
45	99.76872273	21.12932504	3.494351444	0	1.747845394	0	0	0	0	0	344975.5378	293045.682	182022.938	0	0	
46	99.76623375	4.625859864	0.046734498	0	0.023367249	0	0	0	0	0	730230.2583	621085.6345	384042.7901	0	0	
47	99.75849332	16.50346596	0.348081689	0	0.174040844	0	0	0	0	0	159857.4851	136006.7887	84003.38665	0	0	
48	99.75897541	11.87760584	2.284609368	0	1.142304684	0	0	0	0	0	570318.9008	485030.4358	300015.2079	0	0	
49	99.75429261	7.251718838	1.167440859	0	0.58372043	0	0	0	0	0	410441.3671	349005.5978	216002.7975	0	0	
50	99.75399977	2.898829819	0.114149263	0	0.057074632	0	0	0	0	0	250588.9398	213003.2539	132001.631	0	0	
51	99.75377833	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1587	85001.16864	53000.58836	0	0	



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN KAPASITOR BANK															
JARINGAN RIIL- PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS															
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN-2CAP															
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	271.633002	4753.786977	18732.70639	2376.893489	9366.735053	99.7579279	100	1	33	9409643.209	9403732.706	333461.3952	611252.1735	36
2	99.94861893	266.6346015	434.8820634	0	217.5476727	0	99.7579279	100	1	33	9404808.434	9398978.919	331084.5017	611252.1735	36
3	99.94385439	262.6585556	279.6145118	0	139.7037716	0	99.7579279	100	1	33	9231307.65	9228544.037	225866.954	611252.1735	36
4	99.94075771	256.4743803	561.0300101	0	280.6136737	0	99.7579279	100	1	33	9093368.955	9092264.423	141727.2503	611252.1735	36
5	99.93443962	252.5548599	1605.059501	0	802.5297504	0	0	0	0	0	8878708.418	8878703.393	9446.636586	0	0
6	99.9161728	250.1171718	2015.825755	0	1008.006715	0	0	0	0	0	8741423.144	8741098.333	-75355.89316	0	0
7	99.89308273	245.2700292	2689.396152	0	1344.698076	0	0	0	0	0	8655049.339	8654082.508	-129363.8999	0	0
8	99.86187987	244.0785274	456.6372204	0	228.4079717	0	0	0	0	0	8484667.799	8481393.111	-235708.598	0	0
9	99.85656553	238.0759589	1157.975714	0	578.9878569	0	0	0	0	0	8443000.64	8438936.474	-261937.0059	0	0
10	99.84287687	2.896207432	0.067263512	0	0.033619174	0	0	0	0	0	8234234.89	8224778.498	-394515.9938	0	0
11	99.83463836	33.19854118	24.02451609	0	12.01225804	0	0	0	0	0	100161.6651	84995.68346	52991.44224	0	0
12	99.82630499	2.182161046	0.012028375	0	0.006014187	0	0	0	0	0	1148033.654	1143873.72	97643.15363	0	0
13	99.81026688	31.27214531	7.601582594	0	3.799324376	0	0	0	0	0	75448.85245	63988.2032	39975.48234	0	0
14	99.80382862	32.11142643	22.12112595	0	11.05901626	0	0	0	0	0	1081173.769	1079644.471	57485.0767	0	0
15	99.79915842	202.8805028	604.318438	0	302.159219	0	0	0	0	0	1110138.335	943792.8075	584518.8272	0	0
16	99.79136977	2.89644789	0.112577498	0	0.056301333	0	0	0	0	0	7013324.271	6991926.626	-547429.7957	0	0
17	99.78969624	200.556674	607.4474362	0	303.7237181	0	0	0	0	0	100124.888	84979.11296	52948.49907	0	0
18	99.78804347	198.247825	1161.969547	0	581.0437267	0	0	0	0	0	6932761.331	6906680.973	-600780.8283	0	0
19	99.78410523	14.45530942	2.305620176	0	1.152810088	0	0	0	0	0	6852679.522	6821430.462	-653684.2464	0	0
20	99.77593798	186.9401578	453.6421079	0	226.8734739	0	0	0	0	0	499624.624	424907.2587	262828.0548	0	0
21	99.77434175	5.77943069	0.174457701	0	0.087178748	0	0	0	0	0	6461183.856	6395868.745	-916384.1002	0	0
22	99.77177244	182.5404935	325.9796537	0	163.0398084	0	0	0	0	0	199748.4281	169960.8979	104941.5442	0	0
23	99.76990734	19.9638552	6.134965032	0	3.068080349	0	0	0	0	0	6308838.531	6225630.634	-1021257.466	0	0
24	99.76651609	167.9954093	531.9651022	0	265.9402174	0	0	0	0	0	689953.5298	586853.1084	362821.3092	0	0
25	99.76454644	63.05891782	63.8335845	0	31.91082761	0	0	0	0	0	5805829.392	5638460.21	-1383987.5	0	0
26	99.76183215	131.7822291	138.0641195	0	69.03205976	0	0	0	0	0	2179222.393	1852557.624	1147623.844	0	0
27	99.76017843	130.0347739	142.1881377	0	71.06870529	0	0	0	0	0	4554122.305	3785693.66	-2531512.094	0	0
28	99.75978944	32.12755906	4.031695279	0	2.015847639	0	0	0	0	0	4493716.33	3657717.724	-2610476.489	0	0
29	99.75925783	92.35978243	113.16335	0	56.58167498	0	0	0	0	0	1110251.997	943716.4006	584857.9763	0	0
30	99.75919004	90.04755657	228.807415	0	114.4037075	0	0	0	0	0	3191732.153	2713853.464	1679926.637	0	0
31	99.75857182	87.8640001	43.63390637	0	21.81695318	0	0	0	0	0	3111807.899	2645854.077	1637926.922	0	0
32	99.75805442	7.250148034	0.389819419	0	0.194909709	0	0	0	0	0	3036334.153	2581851.699	1597925.81	0	0
33	99.7579279	80.61385349	64.43355331	0	32.22652455	0	0	0	0	0	250544.525	212963.379	131981.6587	0	0
34	99.84280225	2.898271991	0.083285807	0	0.041655503	0	0	0	0	0	2788155.982	2370343.319	1468089.346	0	0
35	99.84070649	77.7155989	45.09854677	0	22.54021381	0	0	0	0	0	100239.1576	85038.47102	53069.26761	0	0
36	99.83998705	77.7155989	81.98912179	0	41.00362046	0	0	0	0	0	2687839.532	2285255.848	1414951.257	0	0
37	99.83777298	57.74540989	35.3827229	0	17.69636325	0	0	0	0	0	2687779.926	2285202.301	1414924.513	0	0
38	99.84068878	11.87627691	2.240514968	0	1.120045915	0	0	0	0	0	1997172.879	1697968.632	1051476.122	0	0
39	99.83451346	4.352391761	0.168273459	0	0.084165144	0	0	0	0	0	410725.4783	349174.3637	216269.9291	0	0
40	99.8097542	41.51674417	35.05883855	0	17.52941927	0	0	0	0	0	150484.4373	128043.5769	79059.52358	0	0
41	99.8037316	36.89125972	18.98137947	0	9.488648287	0	0	0	0	0	1435359.508	1220440.907	755500.4364	0	0
42	99.79817059	5.781979299	0.78931263	0	0.394656315	0	0	0	0	0	1275371.444	1084357.072	671373.2637	0	0
43	99.7881163	31.10928372	3.765661294	0	1.881378966	0	0	0	0	0	199869.2487	170044.3737	105036.3154	0	0
44	99.78764013	9.981126304	1.064271251	0	0.531986191	0	0	0	0	0	1075368.689	914278.0347	566139.1096	0	0
45	99.77416894	21.12817133	3.493969855	0	1.747654527	0	0	0	0	0	344975.5323	293045.677	182022.9354	0	0
46	99.7716801	4.625607284	0.046729394	0	0.023364697	0	0	0	0	0	730230.2478	621085.6252	384042.7854	0	0
47	99.76394009	16.50256483	0.348043677	0	0.174021839	0	0	0	0	0	159857.4843	136006.788	84003.38628	0	0
48	99.76442215	11.87695729	2.284359883	0	1.142179941	0	0	0	0	0	570318.8971	485030.4325	300015.2062	0	0
49	99.75973961	7.251322872	1.167313371	0	0.583656686	0	0	0	0	0	410441.3664	349005.5972	216002.7972	0	0
50	99.75944678	2.898671534	0.114136798	0	0.057068399	0	0	0	0	0	250588.9394	213003.2536	132001.6308	0	0
51	99.75922536	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1586	85001.16851	53000.5883	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RIIL- PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN-3CAP																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	271.4705816	4748.103714	18858.03419	2374.051857	9429.398615	99.76328511	100	1	33	9404016.803	9403858.034	-54645.2303	388169.2891	18	
2	99.94966064	266.5967088	434.7584661	0	217.4858437	0	99.76328511	100	1	33	9399282.881	9399109.93	-57019.28216	388169.2891	18	
3	99.9449951	262.7236646	279.753153	0	139.7730409	0	99.76328511	100	1	33	9230101.094	9228675.172	-162236.768	388169.2891	18	
4	99.94196395	256.7076699	562.0511023	0	281.1243994	0	99.76328511	100	1	33	9095732.838	9092395.419	-246376.541	388169.2891	18	
5	99.9357839	252.8993988	1609.441778	0	804.7208888	0	0	0	0	0	8886904.05	8878833.368	-378657.6654	0	0	
6	99.91792432	250.5336554	2022.544666	0	1011.366484	0	0	0	0	0	8753501.763	8741223.926	-463462.3863	0	0	
7	99.895356	245.8333525	2701.764068	0	1350.882034	0	0	0	0	0	8669658.623	8654201.381	-517473.7528	0	0	
8	99.86487738	244.6791143	458.8872156	0	229.5334096	0	0	0	0	0	8504410.205	8481499.617	-623824.6348	0	0	
9	99.8596873	238.8712485	1165.725041	0	582.8625206	0	0	0	0	0	8464040.339	8439040.73	-650054.1683	0	0	
10	99.8463298	2.896107274	0.06725886	0	0.033616849	0	0	0	0	0	8262026.965	8224875.005	-782637.0308	0	0	
11	99.83832928	33.19739298	24.02285431	0	12.01142715	0	0	0	0	0	100161.9042	84996.13859	52991.16407	0	0	
12	99.83024075	2.182085578	0.012027543	0	0.006013771	0	0	0	0	0	1148039.21	1143880.198	97632.57683	0	0	
13	99.81468216	31.27106374	7.601056788	0	3.799061575	0	0	0	0	0	75449.58063	63989.5902	39974.63649	0	0	
14	99.80845451	32.11031582	22.11959581	0	11.0582513	0	0	0	0	0	1081186.486	1079658.518	57460.42453	0	0	
15	99.80394305	204.0551803	611.3367008	0	305.6683504	0	0	0	0	0	1110153.161	943820.979	584501.4974	0	0	
16	99.79646013	2.896340811	0.112569174	0	0.05629717	0	0	0	0	0	7054291.217	6991973.017	-935594.9461	0	0	
17	99.79491551	201.8302498	615.1867622	0	307.5933811	0	0	0	0	0	100126.4231	84982.03421	52946.71339	0	0	
18	99.79339906	199.6224756	1178.13961	0	589.1295786	0	0	0	0	0	6977160.223	6906714.252	-988970.6922	0	0	
19	99.78946104	14.45466998	2.305416201	0	1.152708101	0	0	0	0	0	6900566.367	6821462.445	-1041857.138	0	0	
20	99.78129422	188.850894	462.9629536	0	231.5349738	0	0	0	0	0	499629.343	424916.2152	262822.5455	0	0	
21	99.77969808	5.779162826	0.17444153	0	0.087170667	0	0	0	0	0	6527574.747	6395895.29	-1304513.519	0	0	
22	99.77712891	184.6818609	333.6725937	0	166.887458	0	0	0	0	0	199749.8936	169963.6768	104939.8332	0	0	
23	99.77526391	19.96228981	6.13437681	0	3.067786181	0	0	0	0	0	6383189.682	6225655.994	-1409367.933	0	0	
24	99.77187284	171.0117244	551.2391914	0	275.5757282	0	0	0	0	0	689957.4963	586860.6272	362816.6907	0	0	
25	99.7699033	63.05570114	63.82707227	0	31.9075721	0	0	0	0	0	5910388.934	5638479.971	-1772072.506	0	0	
26	99.76718915	138.3323799	152.1299863	0	76.06499316	0	0	0	0	0	2179228.242	1852568.69	1147617.089	0	0	
27	99.76553552	136.856482	157.4980192	0	78.72091506	0	0	0	0	0	4780738.73	3785703.92	-2919573.365	0	0	
28	99.76514655	32.12583486	4.03126255	0	2.015631275	0	0	0	0	0	4729713.559	3657727.73	-2998536.01	0	0	
29	99.76461497	92.35482341	113.1511983	0	56.57559913	0	0	0	0	0	1110252.031	943716.4311	584857.9916	0	0	
30	99.76454718	90.04272165	228.782845	0	114.3914225	0	0	0	0	0	3191732.17	2713853.48	1679926.645	0	0	
31	99.763929	87.8592824	43.6292208	0	21.8146104	0	0	0	0	0	3111807.916	2645854.092	1637926.93	0	0	
32	99.76341162	7.249758834	0.389777567	0	0.194888784	0	0	0	0	0	3036334.171	2581851.715	1597925.818	0	0	
33	99.76328511	80.60952499	64.42663407	0	32.22306388	0	0	0	0	0	250544.5294	212963.3829	131981.6606	0	0	
34	99.84625518	2.898116399	0.083276865	0	0.041651031	0	0	0	0	0	2788102.693	2370242.145	1468151.492	0	0	
35	99.84415949	77.71142599	45.0937038	0	22.5377933	0	0	0	0	0	100237.2429	85034.82705	53071.49006	0	0	
36	99.84344008	77.71142599	81.98031727	0	40.99921723	0	0	0	0	0	2687788.165	2285158.325	1415011.184	0	0	
37	99.84122608	57.74230917	35.37892316	0	17.69446284	0	0	0	0	0	2687728.565	2285104.783	1414984.44	0	0	
38	99.84414178	11.87563924	2.240274375	0	1.119925642	0	0	0	0	0	1997134.707	1697896.162	1051520.643	0	0	
39	99.83820438	4.352158071	0.168255389	0	0.084156107	0	0	0	0	0	410718.6091	349161.323	216277.9378	0	0	
40	99.8141695	41.51451482	35.05507349	0	17.52753675	0	0	0	0	0	150483.0141	128040.8789	79061.18421	0	0	
41	99.80835749	36.88927874	18.979341	0	9.487629271	0	0	0	0	0	1435348.958	1220420.907	755512.6998	0	0	
42	99.80295527	5.781668823	0.789227864	0	0.394613932	0	0	0	0	0	1275364.101	1084343.159	671381.7872	0	0	
43	99.79320683	31.10761321	3.765256886	0	1.881176918	0	0	0	0	0	199868.7118	170043.3592	105036.936	0	0	
44	99.79299575	9.980590341	1.064156957	0	0.53192906	0	0	0	0	0	1075368.655	914278.0049	566139.0947	0	0	
45	99.77952528	21.12703678	3.493594623	0	1.747466839	0	0	0	0	0	344975.5268	293045.6721	182022.933	0	0	
46	99.77703657	4.625358899	0.046724376	0	0.023362188	0	0	0	0	0	730230.2376	621085.616	384042.7808	0	0	
47	99.76929697	16.50167866	0.3480063	0	0.17400315	0	0	0	0	0	159857.4835	136006.7873	84003.38591	0	0	
48	99.76977901	11.87631951	2.284114554	0	1.142057277	0	0	0	0	0	570318.8935	485030.4292	300015.2046	0	0	
49	99.76509672	7.250933482	1.167188007	0	0.583594004	0	0	0	0	0	410441.3657	349005.5966	216002.7969	0	0	
50	99.76480391	2.898515878	0.11412454	0	0.05706227	0	0	0	0	0	250588.939	213003.2532	132001.6306	0	0	
51	99.7645825	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1584	85001.16838	53000.58824	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RIIL- PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS-1CAP																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	272.8311184	4795.815384	18809.175	2397.907692	9404.969778	99.7524808	100	1	33	9451147.177	9403809.175	944751.8034	4876653.166	18	
2	99.9469768	267.6549238	438.2167309	0	219.2158242	0	99.7524808	100	1	33	9446135.877	9399013.36	942353.8957	4876653.166	18	
3	99.94205619	263.5316012	281.4764113	0	140.6340323	0	99.7524808	100	1	33	9266466.082	9228575.143	837134.6799	4876653.166	18	
4	99.93885624	257.1064369	563.7986271	0	281.9984691	0	99.7524808	100	1	33	9123420.639	9092293.666	752994.0459	4876653.166	18	
5	99.93232056	253.0272429	1611.069379	0	805.5346893	0	0	0	0	0	8900400.413	8878729.868	620712.0474	0	0	
6	99.91341184	250.4860653	2021.776354	0	1010.982292	0	0	0	0	0	8757531.253	8741118.798	535906.5127	0	0	
7	99.8894994	245.4275309	2692.851287	0	1346.425643	0	0	0	0	0	8667503.595	8654097.022	481895.5304	0	0	
8	99.85715513	244.1822958	457.0255759	0	228.6022255	0	0	0	0	0	8489714.591	8481404.171	375549.1048	0	0	
9	99.85164494	237.8984294	1156.249389	0	578.1246944	0	0	0	0	0	8446173.911	8438947.145	349320.5026	0	0	
10	99.83743441	2.896365314	0.067270846	0	0.03362284	0	0	0	0	0	8227646.233	8224790.896	216742.3779	0	0	
11	99.82919545	38.91784339	33.01521885	0	16.50760942	0	0	0	0	0	100161.6642	84995.68299	52991.44131	0	0	
12	99.82086163	2.182292164	0.01202982	0	0.00601491	0	0	0	0	0	1345738.581	1143947.201	708799.7812	0	0	
13	99.80482264	36.73556777	10.48967857	0	5.242815034	0	0	0	0	0	75449.27021	63989.00366	39974.98951	0	0	
14	99.79838403	32.11341975	22.12387239	0	11.06038929	0	0	0	0	0	1269991.717	1079805.835	668504.5403	0	0	
15	99.79371357	202.8915768	604.3844116	0	302.1922058	0	0	0	0	0	1110146.677	943808.7498	584508.9284	0	0	
16	99.7859245	2.896605811	0.112589774	0	0.056307473	0	0	0	0	0	7013324.377	6991926.727	-547429.771	0	0	
17	99.78425087	200.5676212	607.5137518	0	303.7568759	0	0	0	0	0	100124.8831	84979.11068	52948.49345	0	0	
18	99.78259802	198.2586463	1162.096401	0	581.1071602	0	0	0	0	0	6932761.406	6906681.048	-600780.842	0	0	
19	99.77865957	14.45609794	2.305871723	0	1.152935862	0	0	0	0	0	6852679.57	6821430.509	-653684.25	0	0	
20	99.77049187	186.950362	453.6916337	0	226.8982425	0	0	0	0	0	499624.6055	424907.2486	262828.036	0	0	
21	99.76889555	5.779745992	0.174476737	0	0.08718826	0	0	0	0	0	6461183.837	6395868.73	-916384.071	0	0	
22	99.7663261	182.5504576	326.0152422	0	163.0576081	0	0	0	0	0	199748.4211	169960.8936	104941.5379	0	0	
23	99.7644609	19.96494447	6.135634523	0	3.06841516	0	0	0	0	0	6308838.484	6225630.594	-1021257.42	0	0	
24	99.76106947	168.0045795	532.0231795	0	265.9692515	0	0	0	0	0	689953.5059	586853.0924	362821.2897	0	0	
25	99.75909971	63.06235914	63.84055188	0	31.91431065	0	0	0	0	0	5805829.318	5638460.151	-1383987.43	0	0	
26	99.75638527	131.7894221	138.0791917	0	69.03959583	0	0	0	0	0	2179222.33	1852557.575	1147623.803	0	0	
27	99.75473146	130.0418714	142.2036599	0	71.07646363	0	0	0	0	0	4554122.208	3785693.627	-2531511.97	0	0	
28	99.75434245	32.12931237	4.032135339	0	2.016067669	0	0	0	0	0	4493716.23	3657717.694	-2610476.36	0	0	
29	99.75381081	92.3648252	113.1757075	0	56.58785377	0	0	0	0	0	1110251.963	943716.3697	584857.9608	0	0	
30	99.75374301	90.05247314	228.8324014	0	114.4162007	0	0	0	0	0	3191732.135	2713853.448	1679926.629	0	0	
31	99.75312476	87.86879748	43.63867132	0	21.81933566	0	0	0	0	0	3111807.881	2645854.061	1637926.914	0	0	
32	99.75260733	7.250543808	0.389861979	0	0.194930989	0	0	0	0	0	3036334.135	2581851.683	1597925.802	0	0	
33	99.7524808	80.6182551	64.44058979	0	32.23004385	0	0	0	0	0	250544.5206	212963.375	131981.6567	0	0	
34	99.83735979	2.898430211	0.083294901	0	0.041660052	0	0	0	0	0	2788156.227	2370343.466	1468089.575	0	0	
35	99.83470781	77.71984228	45.1034718	0	22.54267534	0	0	0	0	0	100238.6068	85037.41036	53069.92687	0	0	
36	99.8337901	77.71984228	81.99807548	0	41.0080983	0	0	0	0	0	2687819.452	2285217.335	1414975.314	0	0	
37	99.83157589	57.74856296	35.38658702	0	17.69829585	0	0	0	0	0	2687759.839	2285163.782	1414948.566	0	0	
38	99.83469009	11.87692535	2.240759637	0	1.120168226	0	0	0	0	0	1997161.929	1697947.566	1051489.341	0	0	
39	99.82907055	4.352629397	0.168291834	0	0.084174335	0	0	0	0	0	410725.51	349174.3827	216269.9586	0	0	
40	99.80430993	41.51901118	35.0626674	0	17.5313337	0	0	0	0	0	150484.4447	128043.5817	79059.53008	0	0	
41	99.79828701	36.89327417	18.98345248	0	9.489684569	0	0	0	0	0	1435359.578	1220440.956	755500.491	0	0	
42	99.79272569	5.78229502	0.789398832	0	0.394699416	0	0	0	0	0	1275371.498	1084357.111	671373.3045	0	0	
43	99.78267085	31.11098245	3.766072553	0	1.881584437	0	0	0	0	0	199869.2549	170044.3786	105036.3193	0	0	
44	99.78219466	9.981671318	1.064387483	0	0.532044291	0	0	0	0	0	1075368.722	914278.0651	566139.1248	0	0	
45	99.76872273	21.12932504	3.494351444	0	1.747845394	0	0	0	0	0	344975.5378	293045.682	182022.938	0	0	
46	99.76623375	4.625859864	0.046734498	0	0.023367249	0	0	0	0	0	730230.2583	621085.6345	384042.7901	0	0	
47	99.75849332	16.50346596	0.348081689	0	0.174040844	0	0	0	0	0	159857.4851	136006.7887	84003.38665	0	0	
48	99.75897541	11.87760584	2.284609368	0	1.142304684	0	0	0	0	0	570318.9008	485030.4358	300015.2079	0	0	
49	99.75429261	7.251718838	1.167440859	0	0.58372043	0	0	0	0	0	410441.3671	349005.5978	216002.7975	0	0	
50	99.75399977	2.898829819	0.114149263	0	0.057074632	0	0	0	0	0	250588.9398	213003.2539	132001.631	0	0	
51	99.75377833	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1587	85001.16864	53000.58836	0	0	

**HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN KAPASITOR BANK**  
**JARINGAN RIIL- PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS**  
**ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS-2CAP**

Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	271.633002	4753.786977	18732.70639	2376.893489	9366.735053	99.7579279	100	1	33	9409643.209	9403732.706	333461.3952	611252.1735	36
2	99.94861893	266.6346015	434.8820634	0	217.5476727	0	99.7579279	100	1	33	9404808.434	9398978.919	331084.5017	611252.1735	36
3	99.94385439	262.6585556	279.6145118	0	139.7037716	0	99.7579279	100	1	33	9231307.65	9228544.037	225866.954	611252.1735	36
4	99.94075771	256.4743803	561.0300101	0	280.6136737	0	99.7579279	100	1	33	9093368.955	9092264.423	141727.2503	611252.1735	36
5	99.93443962	252.5548599	1605.059501	0	802.5297504	0	0	0	0	0	8878708.418	8878703.393	9446.636586	0	0
6	99.9161728	250.1171718	2015.825755	0	1008.006715	0	0	0	0	0	8741423.144	8741098.333	-75355.89316	0	0
7	99.89308273	245.2700292	2689.396152	0	1344.698076	0	0	0	0	0	8655049.339	8654082.508	-129363.8999	0	0
8	99.86187987	244.0785274	456.6372204	0	228.4079717	0	0	0	0	0	8484667.799	8481393.111	-235708.598	0	0
9	99.85656553	238.0759589	1157.975714	0	578.9878569	0	0	0	0	0	8443000.64	8438936.474	-261937.0059	0	0
10	99.84287687	2.896207432	0.067263512	0	0.033619174	0	0	0	0	0	8234234.89	8224778.498	-394515.9938	0	0
11	99.83463836	33.19854118	24.02451609	0	12.01225804	0	0	0	0	0	100161.6651	84995.68346	52991.44224	0	0
12	99.82630499	2.182161046	0.012028375	0	0.006014187	0	0	0	0	0	1148033.654	1143873.72	97643.15363	0	0
13	99.81026688	31.27214531	7.601582594	0	3.799324376	0	0	0	0	0	75448.85245	63988.2032	39975.48234	0	0
14	99.80382862	32.11142643	22.12112595	0	11.05901626	0	0	0	0	0	1081173.769	1079644.471	57485.0767	0	0
15	99.79915842	202.8805028	604.318438	0	302.159219	0	0	0	0	0	1110138.335	943792.8075	584518.8272	0	0
16	99.79136977	2.89644789	0.112577498	0	0.056301333	0	0	0	0	0	7013324.271	6991926.626	-547429.7957	0	0
17	99.78969624	200.556674	607.4474362	0	303.7237181	0	0	0	0	0	100124.888	84979.11296	52948.49907	0	0
18	99.78804347	198.247825	1161.969547	0	581.0437267	0	0	0	0	0	6932761.331	6906680.973	-600780.8283	0	0
19	99.78410523	14.45530942	2.305620176	0	1.152810088	0	0	0	0	0	6852679.522	6821430.462	-653684.2464	0	0
20	99.77593798	186.9401578	453.6421079	0	226.8734739	0	0	0	0	0	499624.624	424907.2587	262828.0548	0	0
21	99.77434175	5.77943069	0.174457701	0	0.087178748	0	0	0	0	0	6461183.856	6395868.745	-916384.1002	0	0
22	99.77177244	182.5404935	325.9796537	0	163.0398084	0	0	0	0	0	199748.4281	169960.8979	104941.5442	0	0
23	99.76990734	19.9638552	6.134965032	0	3.068080349	0	0	0	0	0	6308838.531	6225630.634	-1021257.466	0	0
24	99.76651609	167.9954093	531.9651022	0	265.9402174	0	0	0	0	0	689953.5298	586853.1084	362821.3092	0	0
25	99.76454644	63.05891782	63.8335845	0	31.91082761	0	0	0	0	0	5805829.392	5638460.21	-1383987.5	0	0
26	99.76183215	131.7822291	138.0641195	0	69.03205976	0	0	0	0	0	2179222.393	1852557.624	1147623.844	0	0
27	99.76017843	130.0347739	142.1881377	0	71.06870529	0	0	0	0	0	4554122.305	3785693.66	-2531512.094	0	0
28	99.75978944	32.12755906	4.031695279	0	2.015847639	0	0	0	0	0	4493716.33	3657717.724	-2610476.489	0	0
29	99.75925783	92.35978243	113.16335	0	56.58167498	0	0	0	0	0	1110251.997	943716.4006	584857.9763	0	0
30	99.75919004	90.04755657	228.807415	0	114.4037075	0	0	0	0	0	3191732.153	2713853.464	1679926.637	0	0
31	99.75857182	87.8640001	43.63390637	0	21.81695318	0	0	0	0	0	3111807.899	2645854.077	1637926.922	0	0
32	99.75805442	7.250148034	0.389819419	0	0.194909709	0	0	0	0	0	3036334.153	2581851.699	1597925.81	0	0
33	99.7579279	80.61385349	64.43355331	0	32.22652455	0	0	0	0	0	250544.525	212963.379	131981.6587	0	0
34	99.84280225	2.898271991	0.083285807	0	0.041655503	0	0	0	0	0	2788155.982	2370343.319	1468089.346	0	0
35	99.84070649	77.7155989	45.09854677	0	22.54021381	0	0	0	0	0	100239.1576	85038.47102	53069.26761	0	0
36	99.83998705	77.7155989	81.98912179	0	41.00362046	0	0	0	0	0	2687839.532	2285255.848	1414951.257	0	0
37	99.83777298	57.74540989	35.3827229	0	17.69636325	0	0	0	0	0	2687779.926	2285202.301	1414924.513	0	0
38	99.84068878	11.87627691	2.240514968	0	1.120045915	0	0	0	0	0	1997172.879	1697968.632	1051476.122	0	0
39	99.83451346	4.352391761	0.168273459	0	0.084165144	0	0	0	0	0	410725.4783	349174.3637	216269.9291	0	0
40	99.8097542	41.51674417	35.05883855	0	17.52941927	0	0	0	0	0	150484.4373	128043.5769	79059.52358	0	0
41	99.8037316	36.89125972	18.98137947	0	9.488648287	0	0	0	0	0	1435359.508	1220440.907	755500.4364	0	0
42	99.79817059	5.781979299	0.78931263	0	0.394656315	0	0	0	0	0	1275371.444	1084357.072	671373.2637	0	0
43	99.7881163	31.10928372	3.765661294	0	1.881378966	0	0	0	0	0	199869.2487	170044.3737	105036.3154	0	0
44	99.78764013	9.981126304	1.064271251	0	0.531986191	0	0	0	0	0	1075368.689	914278.0347	566139.1096	0	0
45	99.77416894	21.12817133	3.493969855	0	1.747654527	0	0	0	0	0	344975.5323	293045.677	182022.9354	0	0
46	99.7716801	4.625607284	0.046729394	0	0.023364697	0	0	0	0	0	730230.2478	621085.6252	384042.7854	0	0
47	99.76394009	16.50256483	0.348043677	0	0.174021839	0	0	0	0	0	159857.4843	136006.788	84003.38628	0	0
48	99.76442215	11.87695729	2.284359883	0	1.142179941	0	0	0	0	0	570318.8971	485030.4325	300015.2062	0	0
49	99.75973961	7.251322872	1.167313371	0	0.583656686	0	0	0	0	0	410441.3664	349005.5972	216002.7972	0	0
50	99.75944678	2.898671534	0.114136798	0	0.057068399	0	0	0	0	0	250588.9394	213003.2536	132001.6308	0	0
51	99.75922536	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1586	85001.16851	53000.5883	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RIIL- PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS-3CAP																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power	Reactive Power	Total Reactive Power	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
				Losses(Watt)	Losses(VAR)	Losses(VAR)										
1	100	271.4705816	4748.103714	18858.03419	2374.051857	9429.398615	99.76328511	100	1	33	9404016.803	9403858.034	-54645.2303	388169.2891	18	
2	99.94966064	266.5967088	434.7584661	0	217.4858437	0	99.76328511	100	1	33	9399282.881	9399109.93	-57019.28216	388169.2891	18	
3	99.9449951	262.7236646	279.753153	0	139.7730409	0	99.76328511	100	1	33	9230101.094	9228675.172	-162236.768	388169.2891	18	
4	99.94196395	256.7076699	562.0511023	0	281.1243994	0	99.76328511	100	1	33	9095732.838	9092395.419	-246376.541	388169.2891	18	
5	99.9357839	252.8993988	1609.441778	0	804.7208888	0	0	0	0	0	8886904.05	8878833.368	-378657.6654	0	0	
6	99.91792432	250.5336554	2022.544666	0	1011.366484	0	0	0	0	0	8753501.763	8741223.926	-463462.3863	0	0	
7	99.895356	245.8333525	2701.764068	0	1350.882034	0	0	0	0	0	8669658.623	8654201.381	-517473.7528	0	0	
8	99.86487738	244.6791143	458.8872156	0	229.5334096	0	0	0	0	0	8504410.205	8481499.617	-623824.6348	0	0	
9	99.8596873	238.8712485	1165.725041	0	582.8625206	0	0	0	0	0	8464040.339	8439040.73	-650054.1683	0	0	
10	99.8463298	2.896107274	0.06725886	0	0.033616849	0	0	0	0	0	8262026.965	8224875.005	-782637.0308	0	0	
11	99.83832928	33.19739298	24.02285431	0	12.01142715	0	0	0	0	0	100161.9042	84996.13859	52991.16407	0	0	
12	99.83024075	2.182085578	0.012027543	0	0.006013771	0	0	0	0	0	1148039.21	1143880.198	97632.57683	0	0	
13	99.81468216	31.27106374	7.601056788	0	3.799061575	0	0	0	0	0	75449.58063	63989.5902	39974.63649	0	0	
14	99.80845451	32.11031582	22.11959581	0	11.0582513	0	0	0	0	0	1081186.486	1079658.518	57460.42453	0	0	
15	99.80394305	204.0551803	611.3367008	0	305.6683504	0	0	0	0	0	1110153.161	943820.979	584501.4974	0	0	
16	99.79646013	2.896340811	0.112569174	0	0.05629717	0	0	0	0	0	7054291.217	6991973.017	-935594.9461	0	0	
17	99.79491551	201.8302498	615.1867622	0	307.5933811	0	0	0	0	0	100126.4231	84982.03421	52946.71339	0	0	
18	99.79339906	199.6224756	1178.13961	0	589.1295786	0	0	0	0	0	6977160.223	6906714.252	-988970.6922	0	0	
19	99.78946104	14.45466998	2.305416201	0	1.152708101	0	0	0	0	0	6900566.367	6821462.445	-1041857.138	0	0	
20	99.78129422	188.850894	462.9629536	0	231.5349738	0	0	0	0	0	499629.343	424916.2152	262822.5455	0	0	
21	99.77969808	5.779162826	0.17444153	0	0.087170667	0	0	0	0	0	6527574.747	6395895.29	-1304513.519	0	0	
22	99.77712891	184.6818609	333.6725937	0	166.887458	0	0	0	0	0	199749.8936	169963.6768	104939.8332	0	0	
23	99.77526391	19.9628981	6.13437681	0	3.067786181	0	0	0	0	0	6383189.682	6225655.994	-1409367.933	0	0	
24	99.77187284	171.0117244	551.2391914	0	275.5757282	0	0	0	0	0	689957.4963	586860.6272	362816.6907	0	0	
25	99.7699033	63.05570114	63.82707227	0	31.9075721	0	0	0	0	0	5910388.934	5638479.971	-1772072.506	0	0	
26	99.76718915	138.3323799	152.1299863	0	76.06499316	0	0	0	0	0	2179228.242	1852568.69	1147617.089	0	0	
27	99.76553552	136.856482	157.4980192	0	78.72091506	0	0	0	0	0	4780738.73	3785703.92	-2919573.365	0	0	
28	99.76514655	32.12583486	4.03126255	0	2.015631275	0	0	0	0	0	4729713.559	3657727.73	-2998536.01	0	0	
29	99.76461497	92.35482341	113.1511983	0	56.57559913	0	0	0	0	0	1110252.031	943716.4311	584857.9916	0	0	
30	99.76454718	90.04272165	228.782845	0	114.3914225	0	0	0	0	0	3191732.17	2713853.48	1679926.645	0	0	
31	99.763929	87.8592824	43.6292208	0	21.8146104	0	0	0	0	0	3111807.916	2645854.092	1637926.93	0	0	
32	99.76341162	7.249758834	0.389777567	0	0.194888784	0	0	0	0	0	3036334.171	2581851.715	1597925.818	0	0	
33	99.76328511	80.60952499	64.42663407	0	32.22306388	0	0	0	0	0	250544.5294	212963.3829	131981.6606	0	0	
34	99.84625518	2.898116399	0.083276865	0	0.041651031	0	0	0	0	0	2788102.693	2370242.145	1468151.492	0	0	
35	99.84415949	77.71142599	45.0937038	0	22.5377933	0	0	0	0	0	100237.2429	85034.82705	53071.49006	0	0	
36	99.84344008	77.71142599	81.98031727	0	40.99921723	0	0	0	0	0	2687788.165	2285158.325	1415011.184	0	0	
37	99.84122608	57.74230917	35.37892316	0	17.69446284	0	0	0	0	0	2687728.565	2285104.783	1414984.44	0	0	
38	99.84414178	11.87563924	2.240274375	0	1.119925642	0	0	0	0	0	1997134.707	1697896.162	1051520.643	0	0	
39	99.83820438	4.352158071	0.168255389	0	0.084156107	0	0	0	0	0	410718.6091	349161.323	216277.9378	0	0	
40	99.8141695	41.51451482	35.05507349	0	17.52753675	0	0	0	0	0	150483.0141	128040.8789	79061.18421	0	0	
41	99.80835749	36.88927874	18.979341	0	9.487629271	0	0	0	0	0	1435348.958	1220420.907	755512.6998	0	0	
42	99.80295527	5.781668823	0.789227864	0	0.394613932	0	0	0	0	0	1275364.101	1084343.159	671381.7872	0	0	
43	99.79320683	31.10761321	3.765256886	0	1.881176918	0	0	0	0	0	199868.7118	170043.3592	105036.936	0	0	
44	99.79299575	9.980590341	1.064156957	0	0.53192906	0	0	0	0	0	1075368.655	914278.0049	566139.0947	0	0	
45	99.77952528	21.12703678	3.493594623	0	1.747466839	0	0	0	0	0	344975.5268	293045.6721	182022.933	0	0	
46	99.77703657	4.625358899	0.046724376	0	0.023362188	0	0	0	0	0	730230.2376	621085.616	384042.7808	0	0	
47	99.76929697	16.50167866	0.3480063	0	0.17400315	0	0	0	0	0	159857.4835	136006.7873	84003.38591	0	0	
48	99.76977901	11.87631951	2.284114554	0	1.142057277	0	0	0	0	0	570318.8935	485030.4292	300015.2046	0	0	
49	99.76509672	7.250933482	1.167188007	0	0.583594004	0	0	0	0	0	410441.3657	349005.5966	216002.7969	0	0	
50	99.76480391	2.898515878	0.11412454	0	0.05706227	0	0	0	0	0	250588.939	213003.2532	132001.6306	0	0	
51	99.7645825	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1584	85001.16838	53000.58824	0	0	

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## **Lampiran – 14**

**Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1 ,2 & 3 Unit DG**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																	
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 1 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	76.656346	1625.355642	65165.98356	828.5435488	53630.21174	96.49785035	100.1007692	7	33	1680902.205	1310484.4	1052645.647	2791394.525	2469680.474	1300984.917	7
2	99.89374735	54.18608574	4342.539061	0	2211.788151	0	96.49785035	100.1007692	7	33	1679116.201	1308859.044	1051817.104	2791394.525	2469680.474	1300984.917	7
3	99.50250057	17.42005861	333.1973694	0	169.6939608	0	96.49785035	100.1007692	7	33	1182268.471	843383.0973	828531.0427	2791394.525	2469680.474	1300984.917	7
4	99.50649116	18.15862052	376.9865963	0	192.0049812	0	0	0	0	0	380097.8011	-186324.459	331296.747	0	0	0	0
5	99.5491532	19.61629622	945.4513328	0	816.1588427	0	0	0	0	0	396382.7588	-306701.345	251104.712	0	0	0	0
6	99.63979216	72.16963318	2925.068863	0	9668.977631	0	0	0	0	0	428592.0953	-367646.756	220288.5532	0	0	0	0
7	100.1007692	44.89442483	4319.639704	0	1421.538766	0	0	0	0	0	1584113.32	-1378364.11	-780722.344	0	0	0	0
8	99.64231281	34.66373092	3712.864406	0	2667.494816	0	0	0	0	0	980913.1222	886996.5191	418840.9345	0	0	0	0
9	99.05155991	31.77162464	3161.553966	0	2240.948213	0	0	0	0	0	752889.0092	683283.4547	316173.3397	0	0	0	0
10	98.50367192	28.86706367	491.4846839	0	162.4949362	0	0	0	0	0	686256.0339	620121.8707	293932.3215	0	0	0	0
11	98.4226441	26.38534218	781.9564318	0	258.5635851	0	0	0	0	0	623005.6299	559630.356	273769.7565	0	0	0	0
12	98.28137159	23.17559046	2365.423601	0	1861.079196	0	0	0	0	0	568628.0411	513848.3896	243511.1529	0	0	0	0
13	97.70562296	19.95181222	646.7919528	0	851.3625982	0	0	0	0	0	496529.0916	451482.976	206650.0937	0	0	0	0
14	97.49215758	13.36202557	316.5580284	0	281.7420016	0	0	0	0	0	426526.8385	390836.194	170798.7512	0	0	0	0
15	97.35917179	10.55765104	249.5567393	0	182.2436325	0	0	0	0	0	285261.7238	270519.736	90516.97915	0	0	0	0
16	97.23037215	7.595070193	223.0682478	0	297.8281261	0	0	0	0	0	225093.8266	210270.1992	80334.76252	0	0	0	0
17	97.03951436	4.631257121	47.10099937	0	36.93439022	0	0	0	0	0	161612.4222	150047.151	60036.88439	0	0	0	0
18	96.98235907	18.05233417	160.3362904	0	153.0038381	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
19	99.84101257	13.5536833	828.9751392	0	746.9704186	0	0	0	0	0	395217.9619	360973.0917	160921.2991	0	0	0	0
20	99.48394236	9.038882312	100.3701619	0	117.2578399	0	0	0	0	0	295668.2249	270144.0466	120174.4287	0	0	0	0
21	99.41362781	4.520887779	43.46640124	0	57.47081095	0	0	0	0	0	197040.267	180043.6064	80057.27081	0	0	0	0
22	99.35000888	47.87956055	3103.063458	0	2120.289149	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
23	99.14838531	43.15186427	5016.452653	0	3961.209996	0	0	0	0	0	1040950.635	936271.225	454944.4126	0	0	0	0
24	98.48957557	21.61195883	1255.502343	0	982.4025586	0	0	0	0	0	931931.866	841254.7023	400983.2026	0	0	0	0
25	98.16122896	62.11491503	2349.681965	0	1196.83308	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0
26	99.45644163	59.38532515	3006.79352	0	1530.904372	0	0	0	0	0	1354637.661	945442.6475	970145.0367	0	0	0	0
27	99.21282046	56.67555241	10204.89965	0	8997.464404	0	0	0	0	0	1291936.796	882435.854	943614.1423	0	0	0	0
28	98.12578681	54.14464392	7072.880611	0	6161.726133	0	0	0	0	0	1219475.97	812230.9544	909616.6879	0	0	0	0
29	97.34491292	48.06291869	3517.042223	0	1791.439241	0	0	0	0	0	1155747.855	745158.0637	883454.9018	0	0	0	0
30	97.00691966	22.17935342	1437.991413	0	1421.167622	0	0	0	0	0	1022367.859	621641.4215	811663.7125	0	0	0	0
31	96.61165801	14.37025938	192.0490499	0	224.201778	0	0	0	0	0	469864.6255	420203.3301	210242.5449	0	0	0	0
32	96.52479231	3.407922422	11.88105575	0	18.47312539	0	0	0	0	0	304157.0001	270011.6811	140018.4731	0	0	0	0
33	96.49785035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																	
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 2 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	45.51595162	573.0327322	46172.84309	292.1099611	39789.08588	98.12858083	101.2109349	7	18	998063.01	689448.0735	721658.5938	680468.616	602043.1861	317145.9276	31
2	99.93917887	25.08351424	930.5611933	0	473.9633176	0	98.12858083	101.2109349	7	18	997455.9768	688875.0408	721366.4838	680468.616	602043.1861	317145.9276	31
3	99.79072634	36.67472612	1476.849019	0	752.1438717	0	98.12858083	101.2109349	7	18	548874.3028	226812.1113	499819.2337	680468.616	602043.1861	317145.9276	31
4	99.97408689	42.29828014	2045.52891	0	1041.818844	0	0	0	0	0	803986.3187	-803983.72	2044.215907	0	0	0	0
5	100.2033335	45.14925524	5008.484546	0	4323.563582	0	0	0	0	0	929392.603	-926029.149	-78997.6329	0	0	0	0
6	100.7548606	71.39789861	2862.845815	0	9463.295888	0	0	0	0	0	997495.4662	-991037.593	-113321.197	0	0	0	0
7	101.2109349	44.38222895	4221.63731	0	1389.287418	0	0	0	0	0	1584554.567	-1378737.82	-780957.869	0	0	0	0
8	100.7577055	34.26480955	3627.898467	0	2606.451326	0	0	0	0	0	980577.0208	886720.8143	418637.661	0	0	0	0
9	100.1737599	31.40507998	3089.025979	0	2189.539487	0	0	0	0	0	752656.177	683092.7159	316031.1097	0	0	0	0
10	99.63219821	28.53340165	480.1886247	0	158.7602269	0	0	0	0	0	686110.3159	620003.6599	293841.5002	0	0	0	0
11	99.55210642	26.0798549	763.9543997	0	252.61099	0	0	0	0	0	622871.3231	559523.4413	273682.67	0	0	0	0
12	99.41246851	22.90664274	2310.841696	0	1818.134986	0	0	0	0	0	568512.9499	513759.4769	243430.019	0	0	0	0
13	98.84340919	19.71998881	631.8489072	0	831.6932901	0	0	0	0	0	496481.9817	451448.6452	206611.904	0	0	0	0
14	98.63242829	13.20642762	309.2284522	0	275.2185547	0	0	0	0	0	426501.6568	390816.8063	170780.2307	0	0	0	0
15	98.50099295	10.43454715	243.7709263	0	178.0184307	0	0	0	0	0	285246.4821	270507.6778	90504.98218	0	0	0	0
16	98.37369605	7.506394297	217.8898093	0	290.9141674	0	0	0	0	0	225085.1936	210263.9269	80326.99075	0	0	0	0
17	98.18506848	4.577160265	46.00706981	0	36.07658206	0	0	0	0	0	161611.0879	150046.0571	60036.02658	0	0	0	0
18	98.12858083	18.04406607	160.1894536	0	152.8637164	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
19	99.88646827	13.54746241	828.2143449	0	746.2848844	0	0	0	0	0	395216.8019	360972.1988	160920.453	0	0	0	0
20	99.52956205	9.034730791	100.2779838	0	117.1501525	0	0	0	0	0	295668.0389	270143.9144	120174.2681	0	0	0	0
21	99.45927981	4.518810026	43.426457	0	57.4179971	0	0	0	0	0	197040.209	180043.5665	80057.218	0	0	0	0
22	99.39569012	47.73815997	3084.762243	0	2107.78413	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
23	99.43765746	43.02421975	4986.81891	0	3937.809899	0	0	0	0	0	1040904.517	936234.15	454915.1898	0	0	0	0
24	98.78079748	21.54781743	1248.061076	0	976.5799337	0	0	0	0	0	931922.6435	841247.2611	400977.3799	0	0	0	0
25	98.45342552	32.41209659	639.7812992	0	325.8787504	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0
26	100.673181	30.23140988	779.2236612	0	396.7405481	0	0	0	0	0	715509.2434	324197.6414	637847.4479	0	0	0	0
27	100.571723	28.18978953	2524.648271	0	2225.933985	0	0	0	0	0	666697.1906	263418.4177	612450.7173	0	0	0	0
28	100.0981608	26.53937739	1699.287191	0	1480.378769	0	0	0	0	0	618745.8003	200893.7695	585224.7933	0	0	0	0
29	99.78095177	22.58334795	776.486578	0	395.5108973	0	0	0	0	0	580674.4341	139194.4723	563744.3546	0	0	0	0
30	99.69517055	9.632974529	271.2560004	0	268.0824388	0	0	0	0	0	493692.7842	18418.38571	493349.0937	0	0	0	0
31	99.87018714	13.90053184	179.6990505	0	209.7841496	0	0	0	0	0	210955.3815	-181852.97	-106918.989	0	0	0	0
32	99.78616134	3.29648012	11.11671715	0	17.28470214	0	0	0	0	0	304155.7745	270010.9167	140017.2847	0	0	0	0
33	99.76010046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																		
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																		
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 3 UNIT DG																		
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	
1	100	35.03746643	339.5607958	41537.47042	173.0949825	39537.35399	98.55617868	101.6715009	7	25	768293.2678	469626.5565	608050.5265	243217.4654	215186.1443	113356.3354	18	
2	99.95515579	17.65177867	460.8346208	0	234.7171514	0	98.55617868	101.6715009	7	25	767948.7327	469286.9957	607877.4315	243217.4654	215186.1443	113356.3354	18	
3	99.89208871	46.91164931	2416.371826	0	1230.632991	0	98.55617868	101.6715009	7	25	386646.3375	7694.158178	386569.774	243217.4654	215186.1443	113356.3354	18	
4	100.1385328	52.82627351	3190.510456	0	1624.975176	0	0	0	0	0	1030092.581	-1024021.839	-111669.1468	0	0	0	0	
5	100.4334023	55.74629978	7635.496268	0	6591.325509	0	0	0	0	0	1163382.385	-1147212.249	-193294.1519	0	0	0	0	
6	101.1465509	82.49124961	3821.579501	0	12632.44256	0	0	0	0	0	1236407.004	-1214847.706	-229885.4775	0	0	0	0	
7	101.6715009	32.77947276	2302.855226	0	757.8404722	0	0	0	0	0	1839083.509	-1603452.249	-900649.2324	0	0	0	0	
8	101.3360995	22.72796903	1596.172214	0	1146.764464	0	0	0	0	0	728384.1401	663925.1693	299577.7446	0	0	0	0	
9	100.9509968	19.88229813	1238.097725	0	877.5788169	0	0	0	0	0	503113.0398	462328.7971	198430.8802	0	0	0	0	
10	100.6098148	17.03060591	171.0665013	0	56.55809759	0	0	0	0	0	438632.9616	401090.6694	177553.2314	0	0	0	0	
11	100.5618782	14.61237032	239.8272019	0	79.30183229	0	0	0	0	0	375541.3895	340919.5729	157496.6033	0	0	0	0	
12	100.4833455	11.48927997	581.3436645	0	457.3923099	0	0	0	0	0	321965.3158	295679.7357	127417.2614	0	0	0	0	
13	100.2022768	8.380169664	114.1052285	0	150.1950052	0	0	0	0	0	252443.8152	235098.402	91959.88911	0	0	0	0	
14	100.11796	2.718217977	13.10018125	0	11.65938266	0	0	0	0	0	183975.1375	174984.3068	56809.71411	0	0	0	0	
15	100.1053142	1.529808359	5.239728264	0	3.826412739	0	0	0	0	0	59667.21213	54971.30658	-23201.97528	0	0	0	0	
16	100.1189323	3.827366235	56.64664955	0	75.63140472	0	0	0	0	0	33585.17164	-5033.913149	-33205.77469	0	0	0	0	
17	100.2282399	6.596436244	95.55448667	0	74.92933547	0	0	0	0	0	84117.13223	-65090.5398	-53281.45609	0	0	0	0	
18	100.3114257	18.04116023	160.1378637	0	152.8144857	0	0	0	0	0	145095.5541	-125186.0743	-73356.43543	0	0	0	0	
19	99.90245368	13.54527607	827.9470465	0	746.0440275	0	0	0	0	0	395216.3943	360971.8851	160920.1558	0	0	0	0	
20	99.54560509	9.033271736	100.2455979	0	117.1123175	0	0	0	0	0	295667.9736	270143.868	120174.2118	0	0	0	0	
21	99.4753342	4.518079798	43.41242297	0	57.39944142	0	0	0	0	0	197040.1887	180043.5524	80057.19944	0	0	0	0	
22	99.41175479	47.68863317	3078.36489	0	2103.412883	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0	
23	99.53938633	42.97951157	4976.460303	0	3929.63028	0	0	0	0	0	1040888.396	936221.1903	454904.9749	0	0	0	0	
24	98.88320927	21.52535201	1245.460017	0	974.5446608	0	0	0	0	0	931919.4198	841244.66	400975.3447	0	0	0	0	
25	98.55617868	32.28377748	634.725564	0	323.3035505	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0	
26	101.0651969	30.11162895	773.0611274	0	393.6028873	0	0	0	0	0	715451.6746	324148.2784	637807.9588	0	0	0	0	
27	100.9641443	28.07803313	2504.670433	0	2208.319832	0	0	0	0	0	666646.7285	263375.2173	612414.3659	0	0	0	0	
28	100.4924692	26.43416327	1685.840448	0	1468.664232	0	0	0	0	0	618720.5384	200870.5468	585206.0561	0	0	0	0	
29	100.1765227	22.49383547	770.3433485	0	392.3817666	0	0	0	0	0	580665.2728	139184.6964	563737.3319	0	0	0	0	
30	100.0910835	9.595103608	269.1273778	0	265.9787102	0	0	0	0	0	493688.7578	18414.75302	493345.2001	0	0	0	0	
31	100.2654123	13.84564066	178.282647	0	208.1306052	0	0	0	0	0	210957.5852	-181854.4744	-106920.7786	0	0	0	0	
32	100.1817183	3.283457553	11.02905906	0	17.14840729	0	0	0	0	0	304155.6339	270010.8291	140017.1484	0	0	0	0	
33	100.1557604	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0	

## **Lampiran – 15**

**Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 2&3 FO - 1 ,2 & 3 Unit DG**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																	
ADVANCED- OPF-2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS - 1 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	76.656346	1625.355642	65165.98356	828.5435488	53630.21174	96.49785035	100.1007692	7	33	1680902.205	1310484.4	1052645.647	2791394.525	2469680.474	1300984.917	7
2	99.89374735	54.18608574	4342.539061	0	2211.788151	0	96.49785035	100.1007692	7	33	1679116.201	1308859.044	1051817.104	2791394.525	2469680.474	1300984.917	7
3	99.50250057	17.42005861	333.1973694	0	169.6939608	0	96.49785035	100.1007692	7	33	1182268.471	843383.0973	828531.0427	2791394.525	2469680.474	1300984.917	7
4	99.50649116	18.15862052	376.9865963	0	192.0049812	0	0	0	0	0	380097.8011	-186324.459	331296.747	0	0	0	0
5	99.5491532	19.61629622	945.4513328	0	816.1588427	0	0	0	0	0	396382.7588	-306701.345	251104.712	0	0	0	0
6	99.63979216	72.16963318	2925.068863	0	9668.977631	0	0	0	0	0	428592.0953	-367646.756	220288.5532	0	0	0	0
7	100.1007692	44.89442483	4319.639704	0	1421.538766	0	0	0	0	0	1584113.32	-1378364.11	-780722.344	0	0	0	0
8	99.64231281	34.66373092	3712.864406	0	2667.494816	0	0	0	0	0	980913.1222	886996.5191	418840.9345	0	0	0	0
9	99.05155991	31.77162464	3161.553966	0	2240.948213	0	0	0	0	0	752889.0092	683283.4547	316173.3397	0	0	0	0
10	98.50367192	28.86706367	491.4846839	0	162.4949362	0	0	0	0	0	686256.0339	620121.8707	293932.3215	0	0	0	0
11	98.4226441	26.38534218	781.9564318	0	258.5635851	0	0	0	0	0	623005.6299	559630.356	273769.7565	0	0	0	0
12	98.28137159	23.17559046	2365.423601	0	1861.079196	0	0	0	0	0	568628.0411	513848.3896	243511.1529	0	0	0	0
13	97.70562296	19.95181222	646.7919528	0	851.3625982	0	0	0	0	0	496529.0916	451482.976	206650.0937	0	0	0	0
14	97.49215758	13.36202557	316.5580284	0	281.7420016	0	0	0	0	0	426526.8385	390836.194	170798.7512	0	0	0	0
15	97.35917179	10.55765104	249.5567393	0	182.2436325	0	0	0	0	0	285261.7238	270519.736	90516.97915	0	0	0	0
16	97.23037215	7.595070193	223.0682478	0	297.8281261	0	0	0	0	0	225093.8266	210270.1992	80334.76252	0	0	0	0
17	97.03951436	4.631257121	47.10099937	0	36.93439022	0	0	0	0	0	161612.4222	150047.151	60036.88439	0	0	0	0
18	96.98235907	18.05233417	160.3362904	0	153.0038381	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
19	99.84101257	13.5536833	828.9751392	0	746.9704186	0	0	0	0	0	395217.9619	360973.0917	160921.2991	0	0	0	0
20	99.48394236	9.038882312	100.3701619	0	117.2578399	0	0	0	0	0	295668.2249	270144.0466	120174.4287	0	0	0	0
21	99.41362781	4.520887779	43.46640124	0	57.47081095	0	0	0	0	0	197040.267	180043.6064	80057.27081	0	0	0	0
22	99.35000888	47.87956055	3103.063458	0	2120.289149	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
23	99.14838531	43.15186427	5016.452653	0	3961.209996	0	0	0	0	0	1040950.635	936271.225	454944.4126	0	0	0	0
24	98.48957557	21.61195883	1255.502343	0	982.4025586	0	0	0	0	0	931931.866	841254.7023	400983.2026	0	0	0	0
25	98.16122896	62.11491503	2349.681965	0	1196.83308	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0
26	99.45644163	59.38532515	3006.79352	0	1530.904372	0	0	0	0	0	1354637.661	945442.6475	970145.0367	0	0	0	0
27	99.21282046	56.67555241	10204.89965	0	8997.464404	0	0	0	0	0	1291936.796	882435.854	943614.1423	0	0	0	0
28	98.12578681	54.14464392	7072.880611	0	6161.726133	0	0	0	0	0	1219475.97	812230.9544	909616.6879	0	0	0	0
29	97.34491292	48.06291869	3517.042223	0	1791.439241	0	0	0	0	0	1155747.855	745158.0637	883454.9018	0	0	0	0
30	97.00691966	22.17935342	1437.991413	0	1421.167622	0	0	0	0	0	1022367.859	621641.4215	811663.7125	0	0	0	0
31	96.61165801	14.37025938	192.0490499	0	224.201778	0	0	0	0	0	469864.6255	420203.3301	210242.5449	0	0	0	0
32	96.52479231	3.407922422	11.88105575	0	18.47312539	0	0	0	0	0	304157.0001	270011.6811	140018.4731	0	0	0	0
33	96.49785035	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																	
ADVANCED- OPF-2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS - 2 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	45.515952	573.0327322	46172.84309	292.1099611	39789.08588	98.12858	101.2109	7	18	998063	689448.073	721658.6	680468.6	602043.2	317145.9	31
2	99.93917887	25.083514	930.5611933	0	473.9633176	0	98.12858	101.2109	7	18	997456	688875.041	721366.5	680468.6	602043.2	317145.9	31
3	99.79072634	36.674726	1476.849019	0	752.1438717	0	98.12858	101.2109	7	18	548874.3	226812.111	499819.2	680468.6	602043.2	317145.9	31
4	99.97408689	42.29828	2045.52891	0	1041.818844	0	0	0	0	0	803986.3	-803983.72	2044.216	0	0	0	0
5	100.2033335	45.149255	5008.484546	0	4323.563582	0	0	0	0	0	929392.6	-926029.149	-78997.6	0	0	0	0
6	100.7548606	71.397899	2862.845815	0	9463.295888	0	0	0	0	0	997495.5	-991037.593	-113321	0	0	0	0
7	101.2109349	44.382229	4221.63731	0	1389.287418	0	0	0	0	0	1584555	-1378737.82	-780958	0	0	0	0
8	100.7577055	34.26481	3627.898467	0	2606.451326	0	0	0	0	0	980577	886720.814	418637.7	0	0	0	0
9	100.1737599	31.40508	3089.025979	0	2189.539487	0	0	0	0	0	752656.2	683092.716	316031.1	0	0	0	0
10	99.63219821	28.533402	480.1886247	0	158.7602269	0	0	0	0	0	686110.3	620003.66	293841.5	0	0	0	0
11	99.55210642	26.079855	763.9543997	0	252.61099	0	0	0	0	0	622871.3	559523.441	273682.7	0	0	0	0
12	99.41246851	22.906643	2310.841696	0	1818.134986	0	0	0	0	0	568512.9	513759.477	243430	0	0	0	0
13	98.84340919	19.719989	631.8489072	0	831.6932901	0	0	0	0	0	496482	451448.645	206611.9	0	0	0	0
14	98.63242829	13.206428	309.2284522	0	275.2185547	0	0	0	0	0	426501.7	390816.806	170780.2	0	0	0	0
15	98.50099295	10.434547	243.7709263	0	178.0184307	0	0	0	0	0	285246.5	270507.678	90504.98	0	0	0	0
16	98.37369605	7.5063943	217.8898093	0	290.9141674	0	0	0	0	0	225085.2	210263.927	80326.99	0	0	0	0
17	98.18506848	4.5771603	46.00706981	0	36.07658206	0	0	0	0	0	161611.1	150046.057	60036.03	0	0	0	0
18	98.12858083	18.044066	160.1894536	0	152.8637164	0	0	0	0	0	98488.6	90000.07	39999.9	0	0	0	0
19	99.88646827	13.547462	828.2143449	0	746.2848844	0	0	0	0	0	395216.8	360972.199	160920.5	0	0	0	0
20	99.52956205	9.0347308	100.2779838	0	117.1501525	0	0	0	0	0	295668	270143.914	120174.3	0	0	0	0
21	99.45927981	4.51881	43.426457	0	57.4179971	0	0	0	0	0	197040.2	180043.566	80057.22	0	0	0	0
22	99.39569012	47.73816	3084.762243	0	2107.78413	0	0	0	0	0	98488.6	90000.07	39999.9	0	0	0	0
23	99.43765746	43.02422	4986.81891	0	3937.809899	0	0	0	0	0	1040905	936234.15	454915.2	0	0	0	0
24	98.78079748	21.547817	1248.061076	0	976.5799337	0	0	0	0	0	931922.6	841247.261	400977.4	0	0	0	0
25	98.45342552	32.412097	639.7812992	0	325.8787504	0	0	0	0	0	465187.9	419999.6	200000.4	0	0	0	0
26	100.673181	30.23141	779.2236612	0	396.7405481	0	0	0	0	0	715509.2	324197.641	637847.4	0	0	0	0
27	100.571723	28.18979	2524.648271	0	2225.933985	0	0	0	0	0	666697.2	263418.418	612450.7	0	0	0	0
28	100.0981608	26.539377	1699.287191	0	1480.378769	0	0	0	0	0	618745.8	200893.769	585224.8	0	0	0	0
29	99.78095177	22.583348	776.486578	0	395.5108973	0	0	0	0	0	580674.4	139194.472	563744.4	0	0	0	0
30	99.69517055	9.6329745	271.2560004	0	268.0824388	0	0	0	0	0	493692.8	18418.3857	493349.1	0	0	0	0
31	99.87018714	13.900532	179.6990505	0	209.7841496	0	0	0	0	0	210955.4	-181852.97	-106919	0	0	0	0
32	99.78616134	3.2964801	11.11671715	0	17.28470214	0	0	0	0	0	304155.8	270010.917	140017.3	0	0	0	0
33	99.76010046	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.03	60000	40000	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																		
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																		
ADVANCED- OPF-2 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS -3 UNIT DG																		
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	
1	100	35.03746643	339.5607958	41537.47042	173.0949825	39537.35399	98.55617868	101.6715009	7	25	768293.2678	469626.5565	608050.5265	243217.4654	215186.1443	113356.3354	18	
2	99.95515579	17.65177867	460.8346208	0	234.7171514	0	98.55617868	101.6715009	7	25	767948.7327	469286.9957	607877.4315	243217.4654	215186.1443	113356.3354	18	
3	99.89208871	46.91164931	2416.371826	0	1230.632991	0	98.55617868	101.6715009	7	25	386646.3375	7694.158178	386569.774	243217.4654	215186.1443	113356.3354	18	
4	100.1385328	52.82627351	3190.510456	0	1624.975176	0	0	0	0	0	1030092.581	-1024021.839	-111669.1468	0	0	0	0	
5	100.4334023	55.74629978	7635.496268	0	6591.325509	0	0	0	0	0	1163382.385	-1147212.249	-193294.1519	0	0	0	0	
6	101.1465509	82.49124961	3821.579501	0	12632.44256	0	0	0	0	0	1236407.004	-1214847.706	-229885.4775	0	0	0	0	
7	101.6715009	32.77947276	2302.855226	0	757.8404722	0	0	0	0	0	1839083.509	-1603452.249	-900649.2324	0	0	0	0	
8	101.3360995	22.72796903	1596.172214	0	1146.764464	0	0	0	0	0	728384.1401	663925.1693	299577.7446	0	0	0	0	
9	100.9509968	19.88229813	1238.097725	0	877.5788169	0	0	0	0	0	503113.0398	462328.7971	198430.8802	0	0	0	0	
10	100.6098148	17.03060591	171.0665013	0	56.55809759	0	0	0	0	0	438632.9616	401090.6694	177553.2314	0	0	0	0	
11	100.5618782	14.61237032	239.8272019	0	79.30183229	0	0	0	0	0	375541.3895	340919.5729	157496.6033	0	0	0	0	
12	100.4833455	11.48927997	581.3436645	0	457.3923099	0	0	0	0	0	321965.3158	295679.7357	127417.2614	0	0	0	0	
13	100.2022768	8.380169664	114.1052285	0	150.1950052	0	0	0	0	0	252443.8152	235098.402	91959.88911	0	0	0	0	
14	100.11796	2.718217977	13.10018125	0	11.65938266	0	0	0	0	0	183975.1375	174984.3068	56809.71411	0	0	0	0	
15	100.1053142	1.529808359	5.239728264	0	3.826412739	0	0	0	0	0	59667.21213	54971.30658	-23201.97528	0	0	0	0	
16	100.1189323	3.827366235	56.64664955	0	75.63140472	0	0	0	0	0	33585.17164	-5033.913149	-33205.77469	0	0	0	0	
17	100.2282399	6.596436244	95.55448667	0	74.92933547	0	0	0	0	0	84117.13223	-65090.5398	-53281.45609	0	0	0	0	
18	100.3114257	18.04116023	160.1378637	0	152.8144857	0	0	0	0	0	145095.5541	-125186.0743	-73356.43543	0	0	0	0	
19	99.90245368	13.54527607	827.9470465	0	746.0440275	0	0	0	0	0	395216.3943	360971.8851	160920.1558	0	0	0	0	
20	99.54560509	9.033271736	100.2455979	0	117.1123175	0	0	0	0	0	295667.9736	270143.868	120174.2118	0	0	0	0	
21	99.4753342	4.518079798	43.41242297	0	57.39944142	0	0	0	0	0	197040.1887	180043.5524	80057.19944	0	0	0	0	
22	99.41175479	47.68863317	3078.36489	0	2103.412883	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0	
23	99.53938633	42.97951157	4976.460303	0	3929.63028	0	0	0	0	0	1040888.396	936221.1903	454904.9749	0	0	0	0	
24	98.88320927	21.52535201	1245.460017	0	974.5446608	0	0	0	0	0	931919.4198	841244.66	400975.3447	0	0	0	0	
25	98.55617868	32.28377748	634.725564	0	323.3035505	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0	
26	101.0651969	30.11162895	773.0611274	0	393.6028873	0	0	0	0	0	715451.6746	324148.2784	637807.9588	0	0	0	0	
27	100.9641443	28.07803313	2504.670433	0	2208.319832	0	0	0	0	0	666646.7285	263375.2173	612414.3659	0	0	0	0	
28	100.4924692	26.43416327	1685.840448	0	1468.664232	0	0	0	0	0	618720.5384	200870.5468	585206.0561	0	0	0	0	
29	100.1765227	22.49383547	770.3433485	0	392.3817666	0	0	0	0	0	580665.2728	139184.6964	563737.3319	0	0	0	0	
30	100.0910835	9.595103608	269.1273778	0	265.9787102	0	0	0	0	0	493688.7578	18414.75302	493345.2001	0	0	0	0	
31	100.2654123	13.84564066	178.282647	0	208.1306052	0	0	0	0	0	210957.5852	-181854.4744	-106920.7786	0	0	0	0	
32	100.1817183	3.283457553	11.02905906	0	17.14840729	0	0	0	0	0	304155.6339	270010.8291	140017.1484	0	0	0	0	
33	100.1557604	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																	
ADVANCED- OPF-3 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS & MAXDG - 1 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	69.84064519	1349.176168	63385.68333	687.7579165	49504.21949	96.41363585	100	1	18	1531449.131	1177381.527	979341.1972	2939823.893	2601003.046	1370163.375	6
2	99.90355376	47.54896489	3343.877107	0	1703.13903	0	96.41363585	100	1	18	1529972.106	1176032.351	978653.4393	2939823.893	2601003.046	1370163.375	6
3	99.56471288	18.77332776	386.9767431	0	197.0832374	0	96.41363585	100	1	18	1038103.955	711555.2904	755876.2404	2939823.893	2601003.046	1370163.375	6
4	99.6074179	21.66510177	536.6383065	0	273.3180144	0	0	0	0	0	410040.994	-318194.05	258623.5938	0	0	0	0
5	99.69035028	23.80283694	1392.074889	0	1201.705673	0	0	0	0	0	473596.1775	-438730.588	178350.2458	0	0	0	0
6	99.88078853	55.39421828	1723.280505	0	5696.399448	0	0	0	0	0	521320.7565	-500122.623	147148.5402	0	0	0	0
7	99.55024937	45.15292244	4369.527022	0	1437.956051	0	0	0	0	0	1209208.311	1091506.655	520382.5138	0	0	0	0
8	99.08915496	34.865106	3756.128654	0	2698.577868	0	0	0	0	0	981084.2917	887136.9278	418944.4577	0	0	0	0
9	98.49496565	31.95666795	3198.488058	0	2267.127551	0	0	0	0	0	753007.594	683380.5992	316245.7799	0	0	0	0
10	97.94388388	29.03551513	497.2374598	0	164.3969221	0	0	0	0	0	686330.2562	620182.0811	293978.5823	0	0	0	0
11	97.86238351	26.53957623	791.1249162	0	261.5952581	0	0	0	0	0	623074.0409	559684.8137	273814.1154	0	0	0	0
12	97.72028573	23.31138476	2393.224584	0	1882.952585	0	0	0	0	0	568686.6656	513893.6787	243552.4801	0	0	0	0
13	97.14115951	20.06886596	654.4034421	0	861.381488	0	0	0	0	0	496553.0898	451500.4642	206669.5475	0	0	0	0
14	96.92643959	13.44059568	320.2917625	0	285.0650881	0	0	0	0	0	426539.6669	390846.0707	170808.186	0	0	0	0
15	96.79267087	10.61981527	252.5042085	0	184.3960789	0	0	0	0	0	285269.4887	270525.8789	90523.09096	0	0	0	0
16	96.66311237	7.639850763	225.7064252	0	301.3504715	0	0	0	0	0	225098.2247	210273.3947	80338.72188	0	0	0	0
17	96.47112831	4.658575906	47.65831552	0	37.37141135	0	0	0	0	0	161613.102	150047.7083	60037.32141	0	0	0	0
18	96.41363585	18.05054886	160.3045785	0	152.9735764	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
19	99.8508242	13.55234004	828.8108325	0	746.8223657	0	0	0	0	0	395217.7114	360972.8989	160921.1164	0	0	0	0
20	99.4937894	9.037985881	100.3502544	0	117.2345829	0	0	0	0	0	295668.1847	270144.018	120174.394	0	0	0	0
21	99.42348183	4.520439133	43.45777458	0	57.45940488	0	0	0	0	0	197040.2545	180043.5978	80057.2594	0	0	0	0
22	99.35986921	47.84896818	3099.099356	0	2117.580522	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
23	99.21082401	43.12424791	5010.033841	0	3956.141422	0	0	0	0	0	1040940.646	936263.1943	454938.0828	0	0	0	0
24	98.55243611	21.59808144	1253.890504	0	981.1413305	0	0	0	0	0	931929.8684	841253.0905	400981.9413	0	0	0	0
25	98.22430037	61.95696069	2337.746972	0	1190.753876	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0
26	99.69790532	59.23400236	2991.489514	0	1523.11236	0	0	0	0	0	1354473.374	945312.7807	970042.1983	0	0	0	0
27	99.4549064	56.5308458	10152.85495	0	8951.577585	0	0	0	0	0	1291789.126	882321.2911	943519.096	0	0	0	0
28	98.37065011	54.00625592	7036.771742	0	6130.268941	0	0	0	0	0	1219397.662	812168.4362	909567.5284	0	0	0	0
29	97.59177333	47.93993464	3499.06634	0	1782.283052	0	0	0	0	0	1155717.296	745131.6545	883437.1994	0	0	0	0
30	97.25464584	22.12232515	1430.6061	0	1413.868714	0	0	0	0	0	1022355.946	621632.9881	811655.1664	0	0	0	0
31	96.86040111	14.33328488	191.0620415	0	223.0495252	0	0	0	0	0	469863.1301	420202.282	210241.2977	0	0	0	0
32	96.77375896	3.399150095	11.81996846	0	18.3781445	0	0	0	0	0	304156.9022	270011.62	140018.3781	0	0	0	0
33	96.74688636	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																	
ADVANCED- OPF-3 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS & MAXDG -2 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	14.60847714	59.02854336	61972.59945	30.09047221	48750.0309	96.51141033	100	1	18	320331.2278	-111961.3408	300127.8955	1455702.544	1287929.784	678459.1131	2
2	99.99764169	47.49731162	3336.61603	0	1699.440741	0	96.51141033	100	1	18	320323.6734	-112020.3694	300097.805	1455702.544	1287929.784	678459.1131	2
3	99.65917144	18.75669065	386.2911616	0	196.7340779	0	96.51141033	100	1	18	1037960.04	711441.7663	755785.4577	1455702.544	1287929.784	678459.1131	2
4	99.70186673	21.64726358	535.7549767	0	272.8681211	0	0	0	0	0	410066.0723	-318288.7209	258546.8502	0	0	0	0
5	99.78475235	23.78343284	1389.806172	0	1199.747208	0	0	0	0	0	473654.3412	-438824.3759	178273.9521	0	0	0	0
6	99.97509137	55.33984164	1719.898917	0	5685.221422	0	0	0	0	0	521387.5811	-500214.1421	147074.2049	0	0	0	0
7	99.6448793	45.10827257	4360.889605	0	1435.113586	0	0	0	0	0	1209169.629	1091473.704	520361.7451	0	0	0	0
8	99.18424054	34.83032063	3748.637316	0	2693.195742	0	0	0	0	0	981054.6518	887112.6146	418926.5315	0	0	0	0
9	98.59064485	31.92470314	3192.092652	0	2262.594409	0	0	0	0	0	752987.0593	683363.7773	316233.2358	0	0	0	0
10	98.04011478	29.00641604	496.2413066	0	164.0675734	0	0	0	0	0	686317.4033	620171.6546	293970.5714	0	0	0	0
11	97.95869604	26.51293279	789.5372714	0	261.0702836	0	0	0	0	0	623062.1942	559675.3833	273806.4338	0	0	0	0
12	97.81674082	23.28792632	2388.410365	0	1879.164831	0	0	0	0	0	568676.5136	513885.836	243545.3235	0	0	0	0
13	97.23819808	20.04864477	653.0853655	0	859.6465234	0	0	0	0	0	496548.934	451497.4357	206666.1787	0	0	0	0
14	97.02369489	13.42702236	319.6451801	0	284.4896188	0	0	0	0	0	426537.4453	390844.3603	170806.5522	0	0	0	0
15	96.89006142	10.60907603	251.9937794	0	184.0233281	0	0	0	0	0	285268.144	270524.8151	90522.03254	0	0	0	0
16	96.76063402	7.63211458	225.2495518	0	300.74048	0	0	0	0	0	225097.4631	210272.8414	80338.03621	0	0	0	0
17	96.56884454	4.653856363	47.56180038	0	37.29572871	0	0	0	0	0	161612.9843	150047.6118	60037.24573	0	0	0	0
18	96.51141033	18.03343757	160.0007964	0	152.6836868	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
19	99.94496216	13.53946559	827.2368741	0	745.4041079	0	0	0	0	0	395215.3115	360971.0516	160919.366	0	0	0	0
20	99.58826674	9.029394111	100.1595534	0	117.0117957	0	0	0	0	0	295667.8	270143.7447	120174.0619	0	0	0	0
21	99.51802603	4.516139126	43.37513666	0	57.3501419	0	0	0	0	0	197040.1346	180043.5151	80057.15014	0	0	0	0
22	99.45447394	47.80259452	3093.095175	0	2113.477931	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
23	99.30562574	43.08238561	5000.311712	0	3948.464404	0	0	0	0	0	1040925.516	936251.0309	454928.4955	0	0	0	0
24	98.64787729	21.57704555	1251.449189	0	979.2310561	0	0	0	0	0	931926.8427	841250.6492	400980.0311	0	0	0	0
25	98.3200612	61.89537697	2333.101954	0	1188.387892	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0
26	99.79239036	59.17500479	2985.533384	0	1520.079805	0	0	0	0	0	1354409.436	945262.2391	970002.1757	0	0	0	0
27	99.54963404	56.47442833	10132.60007	0	8933.719251	0	0	0	0	0	1291731.655	882276.7057	943482.1059	0	0	0	0
28	98.46646056	53.95230221	7022.718915	0	6118.026451	0	0	0	0	0	1219367.186	812144.1056	909548.3967	0	0	0	0
29	97.6883624	47.8919868	3492.070554	0	1778.719681	0	0	0	0	0	1155705.403	745121.3767	883430.3102	0	0	0	0
30	97.35157245	22.1000921	1427.732012	0	1411.02825	0	0	0	0	0	1022351.31	621629.7061	811651.8405	0	0	0	0
31	96.95772418	14.31887004	190.6779364	0	222.6011135	0	0	0	0	0	469862.5482	420201.8741	210240.8123	0	0	0	0
32	96.87116918	3.395730133	11.79619575	0	18.34118178	0	0	0	0	0	304156.864	270011.5962	140018.3412	0	0	0	0
33	96.84432361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																	
ADVANCED- OPF-3 FO-DEV TEGANGAN & PLOSS & MAXDG -3 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	41.97263347	487.2867624	55940.51206	248.3999765	45014.62198	96.89525536	100.345374	6	18	920365.9687	-912243.585	-122004.7457	897713.5153	794250.1568	418397.2323	23
2	100.0560573	15.76916985	367.7780754	0	187.3206384	0	96.89525536	100.345374	6	18	920881.9012	-912730.8718	-122253.1457	897713.5153	794250.1568	418397.2323	23
3	100.0300668	18.69164996	383.6168004	0	195.3720535	0	96.89525536	100.345374	6	18	345886.5884	-86298.56574	334947.8909	897713.5153	794250.1568	418397.2323	23
4	100.0727232	21.57747955	532.3063304	0	271.1116734	0	0	0	0	0	410164.1422	-318657.6931	258247.7457	0	0	0	0
5	100.1554251	23.70751354	1380.94751	0	1192.099987	0	0	0	0	0	473881.2503	-439189.8994	177976.604	0	0	0	0
6	100.345374	55.12738093	1706.718197	0	5641.651818	0	0	0	0	0	521648.1797	-500570.807	146784.5041	0	0	0	0
7	100.0164399	44.93382561	4327.22514	0	1424.035037	0	0	0	0	0	1209018.885	1091345.291	520280.8083	0	0	0	0
8	99.55758133	34.69442299	3719.442228	0	2672.22063	0	0	0	0	0	980939.1452	887017.8656	418856.6732	0	0	0	0
9	98.96630469	31.79982702	3167.169224	0	2244.928377	0	0	0	0	0	752907.0374	683298.2234	316184.3526	0	0	0	0
10	98.41792994	28.89273694	492.359288	0	162.7840983	0	0	0	0	0	686267.3175	620131.0242	293939.3542	0	0	0	0
11	98.3368301	26.40884831	783.3503083	0	259.0244876	0	0	0	0	0	342016.03	559638.6349	273776.5001	0	0	0	0
12	98.19543181	23.1962859	2369.650061	0	1864.40451	0	0	0	0	0	568636.9533	513855.2746	243517.4356	0	0	0	0
13	97.61916843	19.96965138	647.9490792	0	852.8857064	0	0	0	0	0	496532.7398	451485.6345	206653.0511	0	0	0	0
14	97.40551186	13.37399957	317.1256316	0	282.247178	0	0	0	0	0	426528.7886	390837.6955	170800.1854	0	0	0	0
15	97.27240676	10.5671247	250.0048083	0	182.5708435	0	0	0	0	0	285262.9042	270520.6698	90517.90825	0	0	0	0
16	97.14349147	7.601894566	223.4692934	0	298.3635795	0	0	0	0	0	225094.4952	210270.685	80335.3644	0	0	0	0
17	96.95246204	4.635420376	47.18572005	0	37.00082419	0	0	0	0	0	161612.5255	150047.2357	60036.95082	0	0	0	0
18	96.89525536	18.0228302	159.812625	0	152.5041208	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
19	100.0034088	13.5314847	826.2619253	0	744.525604	0	0	0	0	0	395213.8249	360969.9073	160918.2819	0	0	0	0
20	99.64692376	9.024068064	100.0414287	0	116.8737961	0	0	0	0	0	295667.5617	270143.5754	120173.8563	0	0	0	0
21	99.5767245	4.513473552	43.3239489	0	57.28246199	0	0	0	0	0	197040.0603	180043.4639	80057.08246	0	0	0	0
22	99.51320992	6.68327901	60.46019312	0	41.31178533	0	0	0	0	0	98488.60137	90000.07	39999.9	0	0	0	0
23	99.98309221	42.78560063	4931.656931	0	3894.251592	0	0	0	0	0	146524.5814	141914.9804	36463.56131	0	0	0	0
24	99.32987711	21.42791635	1234.21025	0	965.7419715	0	0	0	0	0	931905.4771	841233.4103	400966.542	0	0	0	0
25	99.00432708	61.6547784	2314.998825	0	1179.166889	0	0	0	0	0	465187.9448	419999.6	200000.4	0	0	0	0
26	100.1633848	58.9445133	2962.320886	0	1508.261197	0	0	0	0	0	1354160.265	945065.2715	969846.2023	0	0	0	0
27	99.92157622	56.25401989	10053.66337	0	8864.122278	0	0	0	0	0	1291507.687	882102.9506	943337.9511	0	0	0	0
28	98.84263301	53.74152064	6967.953201	0	6070.315858	0	0	0	0	0	1219248.419	812049.2872	909473.8389	0	0	0	0
29	98.06757667	47.70467	3464.807359	0	1764.832911	0	0	0	0	0	1155659.058	745081.324	883403.463	0	0	0	0
30	97.73210537	22.01323778	1416.531966	0	1399.95924	0	0	0	0	0	1022333.244	621616.9166	811638.8801	0	0	0	0
31	97.33980586	14.26255818	189.1811263	0	220.8537084	0	0	0	0	0	469860.2804	420200.2847	210238.9209	0	0	0	0
32	97.25359131	3.382370027	11.70355682	0	18.19714318	0	0	0	0	0	304156.7155	270011.5036	140018.1971	0	0	0	0
33	97.22685138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72111.02551	60000	40000	0	0	0	0

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## **Lampiran – 16**

**Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1,2 & 3 Unit DG**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																		
JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS																		
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 1 UNIT DG																		
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	
1	100	51.22847934	169.0820789	1652.884853	84.54103942	826.4198668	99.9700967	100.000148	18	33	1774606.58	1510426.39	931579.643	9266148.82	7876226.49	4881246.78	18	
2	99.9893897	45.45978105	12.64134138	0	6.323770578	0	99.9700967	100.000148	18	33	1774418.29	1510257.31	931495.102	9266148.82	7876226.49	4881246.78	18	
3	99.98849565	40.84478142	6.761604369	0	3.37829974	0	99.9700967	100.000148	18	33	1574591.84	1340244.67	826488.778	9266148.82	7876226.49	4881246.78	18	
4	99.98796356	33.61015863	9.634723118	0	4.819056022	0	0	0	0	0	1414734.43	1204237.91	742485.399	0	0	0	0	
5	99.9870419	28.99509497	21.15576565	0	10.57788282	0	0	0	0	0	1164139.18	991228.272	610480.58	0	0	0	0	
6	99.98469617	26.10305038	21.95576097	0	10.97890254	0	0	0	0	0	1004265.84	855207.116	526470.003	0	0	0	0	
7	99.98199181	20.33394048	18.48455115	0	9.242275571	0	0	0	0	0	904073.353	770185.16	473459.024	0	0	0	0	
8	99.97906894	18.90770259	2.740246828	0	1.370659665	0	0	0	0	0	704240.925	600166.676	368449.781	0	0	0	0	
9	99.9786029	11.67249743	2.783530213	0	1.391765106	0	0	0	0	0	654841.884	558163.935	342448.411	0	0	0	0	
10	99.97783595	2.892297865	0.067082038	0	0.033528471	0	0	0	0	0	404257.552	345161.152	210447.019	0	0	0	0	
11	99.97925516	38.8631841	32.92254561	0	16.46127281	0	0	0	0	0	100171.352	85001.3448	53000.6718	0	0	0	0	
12	99.98085531	2.179227344	0.011996054	0	0.005998027	0	0	0	0	0	1346002.45	1144102.03	709050.872	0	0	0	0	
13	99.98426276	36.68397328	10.46023411	0	5.228098483	0	0	0	0	0	75478.7695	64006.2117	40003.1187	0	0	0	0	
14	99.98636103	32.06831674	22.06177046	0	11.02934267	0	0	0	0	0	1270596.79	1080161.07	669080.162	0	0	0	0	
15	99.98812382	30.08342737	13.28739503	0	6.643697518	0	0	0	0	0	1110747.15	944161.174	585080.255	0	0	0	0	
16	99.99272708	2.892258261	0.112252053	0	0.056138574	0	0	0	0	0	1042044.7	-884043.71	-551655.59	0	0	0	0	
17	99.99627674	32.97568546	16.42185185	0	8.210925928	0	0	0	0	0	100187.035	85015.4234	53007.7326	0	0	0	0	
18	100.0001484	35.86789368	38.0355439	0	19.01970171	0	0	0	0	0	1142312.95	-969131.98	-604699.98	0	0	0	0	
19	99.99621852	14.43015356	2.297602445	0	1.148801223	0	0	0	0	0	1242453.3	-1054105.6	-657686.61	0	0	0	0	
20	99.9880686	50.297977	32.84045654	0	16.4240231	0	0	0	0	0	499815.54	425019.446	263009.591	0	0	0	0	
21	99.98647576	5.768879896	0.173821311	0	0.086860735	0	0	0	0	0	1742137.39	-1479009.3	-920637.87	0	0	0	0	
22	99.9839119	56.0668255	30.75275213	0	15.3810913	0	0	0	0	0	199807.711	169995.796	104997.861	0	0	0	0	
23	99.98205076	19.92612519	6.11179781	0	3.056494481	0	0	0	0	0	1941863.2	-1648932.6	-1025599.3	0	0	0	0	
24	99.97866671	75.99290175	108.8514881	0	54.41708169	0	0	0	0	0	690113.969	586947.532	362973.67	0	0	0	0	
25	99.97670124	62.93192659	63.57674079	0	31.78242975	0	0	0	0	0	2631858	-2235774.8	-1388520	0	0	0	0	
26	99.9739927	138.9248083	153.4358138	0	76.71790688	0	0	0	0	0	2179458.92	1852696.97	1147848.04	0	0	0	0	
27	99.9723425	143.2670975	172.5986034	0	86.26851352	0	0	0	0	0	4811165.51	-4088336.5	-2536300.1	0	0	0	0	
28	99.97195433	32.05941447	4.014610456	0	2.007305228	0	0	0	0	0	4961525.95	-4216286.8	-2615275.4	0	0	0	0	
29	99.97142385	92.16379006	112.6835822	0	56.34179112	0	0	0	0	0	1110253.34	943717.603	584858.578	0	0	0	0	
30	99.9713562	89.85646892	227.8373525	0	113.9186763	0	0	0	0	0	3191732.84	2713854.09	1679926.95	0	0	0	0	
31	99.97073929	87.677545	43.44891292	0	21.72445646	0	0	0	0	0	3111808.59	2645854.7	1637927.23	0	0	0	0	
32	99.97022299	7.234765871	0.388167065	0	0.194083532	0	0	0	0	0	3036334.85	2581852.33	1597926.12	0	0	0	0	
33	99.97009673	80.44278055	64.16037094	0	32.08989203	0	0	0	0	0	250544.698	212963.534	131981.736	0	0	0	0	
34	99.97776143	2.892122612	0.08293276	0	0.041478927	0	0	0	0	0	2785999.96	2369076.46	1466039.73	0	0	0	0	
35	99.97511318	77.5506753	44.90733875	0	22.44464821	0	0	0	0	0	100161.133	84992.1532	52996.0985	0	0	0	0	
36	99.97419676	77.5506753	81.64150577	0	40.82977404	0	0	0	0	0	2685741.01	2283995.89	1412999.49	0	0	0	0	
37	99.97198566	57.6228622	35.23270337	0	17.62133227	0	0	0	0	0	2685681.61	2283942.51	1412972.86	0	0	0	0	
38	99.97509549	11.85107464	2.231016007	0	1.115297331	0	0	0	0	0	1995617.38	1697039.91	1050021.08	0	0	0	0	
39	99.97913044	4.343155778	0.167560048	0	0.083808318	0	0	0	0	0	410447.592	349011.092	216005.748	0	0	0	0	
40	99.98375097	41.42863473	34.91018832	0	17.45509416	0	0	0	0	0	150426.883	128009.679	79004.8674	0	0	0	0	
41	99.98626418	36.81296629	18.90089751	0	9.448415964	0	0	0	0	0	1434932.88	1220189.94	755095.28	0	0	0	0	
42	99.98713786	5.769708516	0.785965953	0	0.392982977	0	0	0	0	0	1275074.54	1084182.36	671091.417	0	0	0	0	
43	99.98948016	31.04326107	3.749694668	0	1.873401808	0	0	0	0	0	199847.54	170031.552	105015.764	0	0	0	0	
44	99.99974592	9.959943772	1.059758727	0	0.529730563	0	0	0	0	0	1075367.38	914276.856	566138.52	0	0	0	0	
45	99.98630331	21.08333118	3.479155142	0	1.740244331	0	0	0	0	0	344975.316	293045.483	182022.838	0	0	0	0	
46	99.98381975	4.615790506	0.04653126	0	0.02326563	0	0	0	0	0	730229.844	621085.262	384042.604	0	0	0	0	
47	99.97609617	16.46754145	0.34656794	0	0.17328397	0	0	0	0	0	159857.452	136006.759	84003.3719	0	0	0	0	
48	99.97657721	11.8517507	2.27467393	0	1.137336965	0	0	0	0	0	570318.753	485030.303	300015.142	0	0	0	0	
49	99.9719046	7.235933246	1.162363804	0	0.581181902	0	0	0	0	0	410441.34	349005.573	216002.785	0	0	0	0	
50	99.9716124	2.892519617	0.113652842	0	0.056826421	0	0	0	0	0	250588.924	213003.24	132001.624	0	0	0	0	
51	99.97139144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.153	85001.1636	53000.5858	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS																	
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 2 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	11.36255248	8.318144364	1429.068018	4.159072181	714.508533	99.98810318	100.0181494	18	33	393610.364	336555.51	204106.6077	1380761.252	1173647.065	727361.1235	7
2	99.99764511	5.594717111	0.191467357	0	0.09578063	0	99.98810318	100.0181494	18	33	393601.0949	336547.1919	204102.4486	1380761.252	1173647.065	727361.1235	7
3	99.99753494	0.983724871	0.003922147	0	0.001959622	0	99.98810318	100.0181494	18	33	193801.9084	166547.0004	99102.35285	1380761.252	1173647.065	727361.1235	7
4	99.99752207	6.255430036	0.333743225	0	0.166930308	0	0	0	0	0	34076.38474	30546.99649	15102.35089	0	0	0	0
5	99.99769331	10.86964432	2.973105661	0	1.486552831	0	0	0	0	0	216689.4545	-182453.337	-116897.816	0	0	0	0
6	99.99857177	13.76130873	6.102186098	0	3.05137711	0	0	0	0	0	376530.1467	-318456.31	-200899.303	0	0	0	0
7	99.9999961	20.33026316	18.47786602	0	9.23893301	0	0	0	0	0	476705.6992	-403462.413	-253902.354	0	0	0	0
8	99.99707376	18.90428207	2.739255462	0	1.370163789	0	0	0	0	0	704240.3661	600166.1741	368449.5306	0	0	0	0
9	99.99660781	11.67037964	2.78252025	0	1.391260125	0	0	0	0	0	654841.3263	558163.4349	342448.1605	0	0	0	0
10	99.995841	2.891777083	0.067057883	0	0.033516398	0	0	0	0	0	404256.9958	345160.6524	210446.7692	0	0	0	0
11	99.99725994	38.85618572	32.91068947	0	16.45534474	0	0	0	0	0	100171.3518	85001.34431	53000.67157	0	0	0	0
12	99.99885981	2.178834936	0.011991735	0	0.005995867	0	0	0	0	0	1346002.41	1144101.995	709050.8536	0	0	0	0
13	100.0022666	36.6773673	10.45646713	0	5.226215722	0	0	0	0	0	75478.767	64006.20948	40003.11757	0	0	0	0
14	100.0043645	32.06254191	22.05382546	0	11.02537072	0	0	0	0	0	1270596.726	1080161.014	669080.1333	0	0	0	0
15	100.006127	30.0780259	13.28262397	0	6.641311986	0	0	0	0	0	1110747.084	944161.1161	585080.226	0	0	0	0
16	100.0107294	2.8917375	0.112211634	0	0.05611836	0	0	0	0	0	1042045.175	-884044.131	-551655.799	0	0	0	0
17	100.0142785	32.96976323	16.41595386	0	8.207976931	0	0	0	0	0	100187.0286	85015.41785	53007.72984	0	0	0	0
18	100.0181494	35.86145072	38.02188046	0	19.0128693	0	0	0	0	0	1142313.386	-969132.378	-604700.179	0	0	0	0
19	100.0142203	14.4275556	2.296775215	0	1.148387607	0	0	0	0	0	1242453.748	-1054105.96	-657686.807	0	0	0	0
20	100.0060718	50.2889361	32.82865167	0	16.4181193	0	0	0	0	0	499815.5325	425019.4389	263009.5874	0	0	0	0
21	100.0044793	5.767841339	0.173758731	0	0.086829464	0	0	0	0	0	1742137.879	-1479009.77	-920638.094	0	0	0	0
22	100.0019159	56.05674604	30.74169593	0	15.3755615	0	0	0	0	0	199807.7129	169995.7974	104997.8619	0	0	0	0
23	100.000055	19.922538	6.109597463	0	3.055394093	0	0	0	0	0	1941863.714	-1648933.1	-1025599.49	0	0	0	0
24	99.9966716	75.97923511	108.8123398	0	54.39751062	0	0	0	0	0	690113.9902	586947.5509	362973.6794	0	0	0	0
25	99.99470649	62.92059783	63.55385319	0	31.7709881	0	0	0	0	0	2631858.586	-2235775.31	-1388520.21	0	0	0	0
26	99.99199844	138.8998129	153.3806063	0	76.69030316	0	0	0	0	0	2179459.041	1852697.076	1147848.097	0	0	0	0
27	99.99034853	143.2413205	172.5365003	0	86.23747304	0	0	0	0	0	4811166.269	-4088337.16	-2536300.49	0	0	0	0
28	99.98996043	32.05364445	4.013165495	0	2.006582747	0	0	0	0	0	4961526.732	-4216287.52	-2615275.71	0	0	0	0
29	99.98943005	92.14719477	112.6430056	0	56.32150281	0	0	0	0	0	1110253.449	943717.7044	584858.6293	0	0	0	0
30	99.98936241	89.84028894	227.755309	0	113.8776545	0	0	0	0	0	3191732.903	2713854.138	1679926.975	0	0	0	0
31	99.98874562	87.66175726	43.433267	0	21.7166335	0	0	0	0	0	3111808.646	2645854.748	1637927.258	0	0	0	0
32	99.98822941	7.233463415	0.388027316	0	0.194013658	0	0	0	0	0	3036334.913	2581852.381	1597926.151	0	0	0	0
33	99.98810318	80.42829527	64.1372664	0	32.07833627	0	0	0	0	0	250544.7126	212963.5474	131981.743	0	0	0	0
34	99.99576649	2.891601924	0.082902901	0	0.041463993	0	0	0	0	0	2785999.925	2369076.432	1466039.714	0	0	0	0
35	99.99311871	77.5367107	44.89116723	0	22.4365657	0	0	0	0	0	100161.1361	84992.15602	52996.09988	0	0	0	0
36	99.99220246	77.5367107	81.61210596	0	40.81507089	0	0	0	0	0	2685741.01	2283995.888	1412999.488	0	0	0	0
37	99.98999176	57.61248571	35.22001539	0	17.61498649	0	0	0	0	0	2685681.631	2283942.535	1412972.866	0	0	0	0
38	99.99310103	11.84894069	2.230212627	0	1.114895717	0	0	0	0	0	1995617.361	1697039.892	1050021.076	0	0	0	0
39	99.99713525	4.342373739	0.167499711	0	0.08377814	0	0	0	0	0	410447.5871	349011.0881	216005.7457	0	0	0	0
40	100.001755	41.42117424	34.89761615	0	17.44880808	0	0	0	0	0	150426.8787	128009.6756	79004.86562	0	0	0	0
41	100.0042677	36.80633695	18.89409071	0	9.445013296	0	0	0	0	0	1434932.802	1220189.869	755095.2461	0	0	0	0
42	100.0051412	5.768669511	0.785682906	0	0.392841453	0	0	0	0	0	1275074.464	1084182.292	671091.3845	0	0	0	0
43	100.0074831	31.03767073	3.748344283	0	1.872727136	0	0	0	0	0	199847.5274	170031.5402	105015.7586	0	0	0	0
44	100.017747	9.958150182	1.059377078	0	0.529539792	0	0	0	0	0	1075367.265	914276.7562	566138.4699	0	0	0	0
45	100.0043068	21.07953442	3.47790218	0	1.73961761	0	0	0	0	0	344975.2982	293045.467	182022.83	0	0	0	0
46	100.0018237	4.614959289	0.046514503	0	0.023257251	0	0	0	0	0	730229.8095	621085.2314	384042.5887	0	0	0	0
47	99.99410153	16.46457591	0.346443128	0	0.173221564	0	0	0	0	0	159857.4496	136006.7568	84003.3707	0	0	0	0
48	99.99458248	11.84961638	2.273854736	0	1.136927368	0	0	0	0	0	570318.7413	485030.2925	300015.1363	0	0	0	0
49	99.98991072	7.234630158	1.161945192	0	0.580972596	0	0	0	0	0	410441.3378	349005.5715	216002.7843	0	0	0	0
50	99.98961857	2.891998715	0.113611911	0	0.056805955	0	0	0	0	0	250588.9227	213003.2386	132001.6233	0	0	0	0
51	99.98939765	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1526	85001.16313	53000.58559	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																		
JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS																		
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 3 UNIT DG																		
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	
1	100	9.8184796	6.211022935	1431.796935	3.105511466	715.8722646	99.9900276	100.01979	18	33	340122.11	291088.185	175928.163	53494.1812	45470.054	28179.8086	22	
2	99.99796487	4.05092681	0.100380019	0	0.050214624	0	99.9900276	100.01979	18	33	340115.188	291081.974	175925.057	53494.1812	45470.054	28179.8086	22	
3	99.99788506	0.57265652	0.001329123	0	0.000664069	0	99.9900276	100.01979	18	33	140325.253	121081.873	70925.0071	53494.1812	45470.054	28179.8086	22	
4	99.9978923	7.79938586	0.518822652	0	0.259502572	0	0	0	0	0	19836.9855	-14918.128	-13074.994	0	0	0	0	
5	99.99810588	12.4136772	3.877756848	0	1.938878425	0	0	0	0	0	270173.534	-227918.65	-145075.25	0	0	0	0	
6	99.99910922	15.3053363	7.548344718	0	3.77452374	0	0	0	0	0	430018.562	-363922.52	-229077.19	0	0	0	0	
7	100.0006935	18.78598	15.77733053	0	7.888665262	0	0	0	0	0	530196.079	-448930.07	-282080.97	0	0	0	0	
8	99.99799302	17.3600142	2.310001751	0	1.15545293	0	0	0	0	0	650752.375	554701.214	340272.268	0	0	0	0	
9	99.99756512	10.1262112	2.09489533	0	1.047447664	0	0	0	0	0	601353.888	512698.904	314271.113	0	0	0	0	
10	99.99689971	2.89174647	0.067056463	0	0.033515688	0	0	0	0	0	350771.371	299696.81	182270.066	0	0	0	0	
11	99.9983915	38.8557743	32.90999252	0	16.45499626	0	0	0	0	0	100171.425	85001.4098	53000.7045	0	0	0	0	
12	100.0000663	2.17881187	0.011991481	0	0.00599574	0	0	0	0	0	1346004.4	1144103.78	709051.746	0	0	0	0	
13	100.0036198	36.6769789	10.45624569	0	5.226105046	0	0	0	0	0	75478.9892	64006.4086	40003.2181	0	0	0	0	
14	100.0057821	32.0622024	22.05335842	0	11.02513723	0	0	0	0	0	1270601.28	1080165.11	669082.179	0	0	0	0	
15	100.0075931	31.6217927	14.68108638	0	7.340543193	0	0	0	0	0	1110751.61	944165.178	585082.257	0	0	0	0	
16	100.0122891	2.89170478	0.112209095	0	0.05611709	0	0	0	0	0	1095545.65	-929520.05	-579838.54	0	0	0	0	
17	100.0158775	34.5134974	17.98922307	0	8.994611534	0	0	0	0	0	100187.497	85015.8377	53007.9412	0	0	0	0	
18	100.0197901	37.4051501	41.36572944	0	20.68496344	0	0	0	0	0	1195819.23	-1014613.1	-632885.33	0	0	0	0	
19	100.0159269	14.4273604	2.296713058	0	1.148356529	0	0	0	0	0	1295958.78	-1099586	-685871.6	0	0	0	0	
20	100.0079186	51.8324441	34.87478402	0	17.44142191	0	0	0	0	0	499817.999	425021.655	263010.694	0	0	0	0	
21	100.0063541	5.76775958	0.173753805	0	0.086827002	0	0	0	0	0	1795642.62	-1524489.4	-948822.7	0	0	0	0	
22	100.00384	57.6001733	32.45784138	0	16.23389736	0	0	0	0	0	199808.725	169996.707	104998.315	0	0	0	0	
23	100.0019792	19.9222459	6.109418326	0	3.055304507	0	0	0	0	0	1995368.03	-1694412.3	-1053783.9	0	0	0	0	
24	99.99859586	77.5223716	113.2771764	0	56.62957362	0	0	0	0	0	690117.153	586950.393	362975.097	0	0	0	0	
25	99.99663078	62.9196166	63.55187095	0	31.76999716	0	0	0	0	0	2685363.25	-2281254.8	-1416704.7	0	0	0	0	
26	99.99392279	140.441969	156.8053751	0	78.40268755	0	0	0	0	0	2179467	1852704.22	1147851.67	0	0	0	0	
27	99.99227291	144.783407	176.2714333	0	88.10427332	0	0	0	0	0	4864676.58	-4133821.7	-2564487.5	0	0	0	0	
28	99.99188482	32.0531186	4.013033834	0	2.006516917	0	0	0	0	0	5015037.32	-4261772.3	-2643462.9	0	0	0	0	
29	99.99135444	90.6012473	108.8951021	0	54.44755103	0	0	0	0	0	1110256.6	943720.538	584860.046	0	0	0	0	
30	99.99128681	88.2943808	219.9846408	0	109.9923204	0	0	0	0	0	3138245.81	2668390.44	1651750.35	0	0	0	0	
31	99.99067003	86.1158895	41.91492916	0	20.95746458	0	0	0	0	0	3058321.7	2600391.19	1609750.7	0	0	0	0	
32	99.99015382	7.2333278	0.388012767	0	0.194006383	0	0	0	0	0	2982848.19	2536389.02	1569749.69	0	0	0	0	
33	99.99002759	78.8825631	61.69567868	0	30.85717303	0	0	0	0	0	250544.837	212963.66	131981.799	0	0	0	0	
34	99.9968252	2.89154629	0.082899711	0	0.041462397	0	0	0	0	0	2732485.39	2323588.09	1437850.75	0	0	0	0	
35	99.99417745	77.5352186	44.88943944	0	22.43570215	0	0	0	0	0	100160.269	84991.3787	52995.7085	0	0	0	0	
36	99.99326121	77.5352186	81.60896483	0	40.81349998	0	0	0	0	0	2685717.76	2283975	1412989.06	0	0	0	0	
37	99.99105053	57.611377	35.21865978	0	17.6143085	0	0	0	0	0	2685658.38	2283921.65	1412962.44	0	0	0	0	
38	99.99415977	11.8487127	2.230126792	0	1.114852808	0	0	0	0	0	1995600.09	1697024.37	1050013.33	0	0	0	0	
39	99.99826681	4.34229018	0.167493264	0	0.083774915	0	0	0	0	0	410444.333	349008.165	216004.286	0	0	0	0	
40	100.0031081	41.4203771	34.89627292	0	17.44813646	0	0	0	0	0	150426.019	128008.903	79004.4812	0	0	0	0	
41	100.0056853	36.8056286	18.89336346	0	9.444649748	0	0	0	0	0	1434925.53	1220183.33	755091.983	0	0	0	0	
42	100.0066074	5.76855849	0.785652665	0	0.392826333	0	0	0	0	0	1275068.62	1084177.04	671088.762	0	0	0	0	
43	100.0090428	31.0370734	3.748200005	0	1.872655053	0	0	0	0	0	199846.798	170030.884	105015.432	0	0	0	0	
44	100.0193877	9.95795853	1.059336302	0	0.52951941	0	0	0	0	0	1075364.21	914274.011	566137.098	0	0	0	0	
45	100.0061817	21.0791287	3.477768311	0	1.73955065	0	0	0	0	0	344975.126	293045.313	182022.753	0	0	0	0	
46	100.0037479	4.61487047	0.046512712	0	0.023256356	0	0	0	0	0	730229.806	621085.228	384042.587	0	0	0	0	
47	99.99602583	16.464259	0.346429793	0	0.173214896	0	0	0	0	0	159857.449	136006.757	84003.3706	0	0	0	0	
48	99.99650677	11.8493883	2.273767212	0	1.136883606	0	0	0	0	0	570318.74	485030.291	300015.136	0	0	0	0	
49	99.9918351	7.23449092	1.161900467	0	0.580950234	0	0	0	0	0	410441.338	349005.571	216002.784	0	0	0	0	
50	99.99154296	2.89194306	0.113607538	0	0.056803769	0	0	0	0	0	250588.923	213003.238	132001.623	0	0	0	0	
51	99.99132204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.153	85001.1631	53000.5856	0	0	0	0	

## **Lampiran – 17**

**Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 2 & 3 FO - 1 ,2 & 3 Unit DG**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-S1 BUS																	
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS - 1 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	51.22847934	169.0820789	1652.884853	84.54103942	826.4198668	99.97009673	100.0001484	18	33	1774606.58	1510426.391	931579.6426	9266148.816	7876226.493	4881246.777	18
2	99.9893897	45.45978105	12.64134138	0	6.323770578	0	99.97009673	100.0001484	18	33	1774418.289	1510257.309	931495.1015	9266148.816	7876226.493	4881246.777	18
3	99.98849565	40.84478142	6.761604369	0	3.37829974	0	99.97009673	100.0001484	18	33	1574591.842	1340244.668	826488.7778	9266148.816	7876226.493	4881246.777	18
4	99.98796356	33.61015863	9.634723118	0	4.819056022	0	0	0	0	0	1414734.429	1204237.906	742485.3995	0	0	0	0
5	99.9870419	28.99509497	21.15576565	0	10.57788282	0	0	0	0	0	1164139.178	991228.2717	610480.5804	0	0	0	0
6	99.98469617	26.10305038	21.95576097	0	10.97890254	0	0	0	0	0	1004265.839	855207.1159	526470.0025	0	0	0	0
7	99.98199181	20.33394048	18.48455115	0	9.242275571	0	0	0	0	0	904073.3532	770185.1601	473459.0236	0	0	0	0
8	99.97906894	18.90770259	2.740246828	0	1.370659665	0	0	0	0	0	704240.9246	600166.6756	368449.7814	0	0	0	0
9	99.9786029	11.67249743	2.783530213	0	1.391765106	0	0	0	0	0	654841.8837	558163.9353	342448.4107	0	0	0	0
10	99.97783595	2.892297865	0.067082038	0	0.033528471	0	0	0	0	0	404257.5522	345161.1518	210447.0189	0	0	0	0
11	99.97925516	38.8631841	32.92254561	0	16.46127281	0	0	0	0	0	100171.3523	85001.3448	53000.67181	0	0	0	0
12	99.98085531	2.17927344	0.011996054	0	0.005998027	0	0	0	0	0	1346002.451	1144102.032	709050.8719	0	0	0	0
13	99.98426276	36.68397328	10.46023411	0	5.228098483	0	0	0	0	0	75478.76949	64006.21172	40003.11869	0	0	0	0
14	99.98636103	32.06831674	22.06177046	0	11.02934267	0	0	0	0	0	1270596.791	1080161.072	669080.1622	0	0	0	0
15	99.98812382	30.08342737	13.28739503	0	6.643697518	0	0	0	0	0	1110747.148	944161.1741	585080.2549	0	0	0	0
16	99.99272708	2.892258261	0.112252053	0	0.056138574	0	0	0	0	0	1042044.701	-884043.7054	-551655.5859	0	0	0	0
17	99.99627674	32.97568546	16.42185185	0	8.210925928	0	0	0	0	0	100187.0348	85015.4234	53007.73262	0	0	0	0
18	100.0001484	35.86789368	38.0355439	0	19.01970171	0	0	0	0	0	1142312.948	-969131.984	-604699.9818	0	0	0	0
19	99.99621852	14.43015356	2.297602445	0	1.148801223	0	0	0	0	0	1242453.299	-1054105.559	-657686.6052	0	0	0	0
20	99.9880686	50.297977	32.84045654	0	16.4240231	0	0	0	0	0	499815.5403	425019.4459	263009.5909	0	0	0	0
21	99.98647576	5.768879896	0.173821311	0	0.086860735	0	0	0	0	0	1742137.391	-1479009.328	-920637.8746	0	0	0	0
22	99.9839119	56.0668255	30.75275213	0	15.3810913	0	0	0	0	0	199807.7112	169995.7959	104997.8611	0	0	0	0
23	99.98205076	19.92612519	6.11179781	0	3.056494481	0	0	0	0	0	1941863.195	-1648932.633	-1025599.26	0	0	0	0
24	99.97866671	75.99290175	108.8514881	0	54.41708169	0	0	0	0	0	690113.9691	586947.532	362973.6699	0	0	0	0
25	99.97670124	62.93192659	63.57674079	0	31.78242975	0	0	0	0	0	2631858.004	-2235774.786	-1388519.953	0	0	0	0
26	99.9739927	138.9248083	153.4358138	0	76.71790688	0	0	0	0	0	2179458.919	1852696.967	1147848.043	0	0	0	0
27	99.9723425	143.2670975	172.5986034	0	86.26851352	0	0	0	0	0	4811165.511	-4088336.475	-2536300.149	0	0	0	0
28	99.97195433	32.05941447	4.014610456	0	2.007305228	0	0	0	0	0	4961525.954	-4216286.827	-2615275.356	0	0	0	0
29	99.97142385	92.16379006	112.6835822	0	56.34179112	0	0	0	0	0	1110253.336	943717.6027	584858.5784	0	0	0	0
30	99.9713562	89.85646892	227.8373525	0	113.9186763	0	0	0	0	0	3191732.844	2713854.086	1679926.948	0	0	0	0
31	99.97073929	87.677545	43.44891292	0	21.72445646	0	0	0	0	0	3111808.588	2645854.695	1637927.232	0	0	0	0
32	99.97022299	7.234765871	0.388167065	0	0.194083532	0	0	0	0	0	3036334.853	2581852.328	1597926.125	0	0	0	0
33	99.97009673	80.44278055	64.16037094	0	32.08989203	0	0	0	0	0	250544.6979	212963.5342	131981.7364	0	0	0	0
34	99.97776143	2.892122612	0.08293276	0	0.041478927	0	0	0	0	0	2785999.956	2369076.46	1466039.728	0	0	0	0
35	99.97511318	77.5506753	44.90733875	0	22.44464821	0	0	0	0	0	100161.133	84992.1532	52996.09847	0	0	0	0
36	99.97419676	77.5506753	81.64150577	0	40.82977404	0	0	0	0	0	2685741.009	2283995.887	1412999.488	0	0	0	0
37	99.97198566	57.6228622	35.23270337	0	17.62133227	0	0	0	0	0	2685681.609	2283942.515	1412972.857	0	0	0	0
38	99.97509549	11.85107464	2.231016007	0	1.115297331	0	0	0	0	0	1995617.378	1697039.906	1050021.083	0	0	0	0
39	99.97913044	4.343155778	0.167560048	0	0.083808318	0	0	0	0	0	410447.5917	349011.0921	216005.7478	0	0	0	0
40	99.98375097	41.42863473	34.91018832	0	17.45509416	0	0	0	0	0	150426.8826	128009.6791	79004.86737	0	0	0	0
41	99.98626418	36.81296629	18.90089751	0	9.448415964	0	0	0	0	0	1434932.878	1220189.937	755095.2805	0	0	0	0
42	99.98713786	5.769708516	0.785965953	0	0.392982977	0	0	0	0	0	1275074.537	1084182.358	671091.4174	0	0	0	0
43	99.98948016	31.04326107	3.749694668	0	1.873401808	0	0	0	0	0	199847.54	170031.5516	105015.7642	0	0	0	0
44	99.99974592	9.959943772	1.059758727	0	0.529730563	0	0	0	0	0	1075367.376	914276.8559	566138.5198	0	0	0	0
45	99.98630331	21.08333118	3.479155142	0	1.740244331	0	0	0	0	0	344975.3164	293045.4834	182022.8382	0	0	0	0
46	99.98381975	4.615790506	0.04653126	0	0.02326563	0	0	0	0	0	730229.8437	621085.2621	384042.604	0	0	0	0
47	99.97609617	16.46754145	0.34656794	0	0.17328397	0	0	0	0	0	159857.4523	136006.7592	84003.37192	0	0	0	0
48	99.97657721	11.8517507	2.27467393	0	1.137336965	0	0	0	0	0	570318.7534	485030.3034	300015.1418	0	0	0	0
49	99.9719046	7.235933246	1.162363804	0	0.581181902	0	0	0	0	0	410441.34	349005.5735	216002.7853	0	0	0	0
50	99.9716124	2.892519617	0.113652842	0	0.056826421	0	0	0	0	0	250588.924	213003.2398	132001.6239	0	0	0	0
51	99.97139144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.153	85001.16355	53000.5858	0	0	0	0



**HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG**  
**JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS**  
**ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS - 2 UNIT DG**

Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	11.36255248	8.318144364	1429.068018	4.159072181	714.508533	99.98810318	100.0181494	18	33	393610.364	336555.51	204106.6077	1380761.252	1173647.065	727361.1235	7
2	99.99764511	5.594717111	0.191467357	0	0.09578063	0	99.98810318	100.0181494	18	33	393601.0949	336547.1919	204102.4486	1380761.252	1173647.065	727361.1235	7
3	99.99753494	0.983724871	0.003922147	0	0.001959622	0	99.98810318	100.0181494	18	33	193801.9084	166547.0004	99102.35285	1380761.252	1173647.065	727361.1235	7
4	99.99752207	6.255430036	0.333743225	0	0.166930308	0	0	0	0	0	34076.38474	30546.99649	15102.35089	0	0	0	0
5	99.99769331	10.86964432	2.973105661	0	1.486552831	0	0	0	0	0	216689.4545	-182453.3373	-116897.816	0	0	0	0
6	99.99857177	13.76130873	6.102186098	0	3.051377711	0	0	0	0	0	376530.1467	-318456.3104	-200899.3026	0	0	0	0
7	99.9999961	20.33026316	18.47786602	0	9.23893301	0	0	0	0	0	476705.6992	-403462.4125	-253902.354	0	0	0	0
8	99.99707376	18.90428207	2.739255462	0	1.370163789	0	0	0	0	0	704240.3661	600166.1741	368449.5306	0	0	0	0
9	99.99660781	11.67037964	2.78252025	0	1.391260125	0	0	0	0	0	654841.3263	558163.4349	342448.1605	0	0	0	0
10	99.995841	2.891777083	0.067057883	0	0.033516398	0	0	0	0	0	404256.9958	345160.6524	210446.7692	0	0	0	0
11	99.99725994	38.85618572	32.91068947	0	16.45534474	0	0	0	0	0	100171.3518	85001.34431	53000.67157	0	0	0	0
12	99.99885981	2.178834936	0.011991735	0	0.005995867	0	0	0	0	0	1346002.41	1144101.995	709050.8536	0	0	0	0
13	100.0022666	36.6773673	10.45646713	0	5.226215722	0	0	0	0	0	75478.767	64006.20948	40003.11757	0	0	0	0
14	100.0043645	32.06254191	22.05382546	0	11.02537072	0	0	0	0	0	1270596.726	1080161.014	669080.1333	0	0	0	0
15	100.006127	30.0780259	13.28262397	0	6.641311986	0	0	0	0	0	1110747.084	944161.1161	585080.226	0	0	0	0
16	100.0107294	2.8917375	0.112211634	0	0.05611836	0	0	0	0	0	1042045.175	-884044.1312	-551655.7987	0	0	0	0
17	100.0142785	32.96976323	16.41595386	0	8.207976931	0	0	0	0	0	100187.0286	85015.41785	53007.72984	0	0	0	0
18	100.0181494	35.86145072	38.02188046	0	19.0128693	0	0	0	0	0	1142313.386	-969132.3781	-604700.1787	0	0	0	0
19	100.0142203	14.4275556	2.296775215	0	1.148387607	0	0	0	0	0	1242453.748	-1054105.963	-657686.8069	0	0	0	0
20	100.0060718	50.2889361	32.82865167	0	16.4181193	0	0	0	0	0	499815.5325	425019.4389	263009.5874	0	0	0	0
21	100.0044793	5.767841339	0.173758731	0	0.086829464	0	0	0	0	0	1742137.879	-1479009.766	-920638.0938	0	0	0	0
22	100.0019159	56.05674604	30.74169593	0	15.3755615	0	0	0	0	0	199807.7129	169995.7974	104997.8619	0	0	0	0
23	100.000055	19.922538	6.109597463	0	3.055394093	0	0	0	0	0	1941863.714	-1648933.098	-1025599.493	0	0	0	0
24	99.9966716	75.97923511	108.8123398	0	54.39751062	0	0	0	0	0	690113.9902	586947.5509	362973.6794	0	0	0	0
25	99.99470649	62.92059783	63.55385319	0	31.7709881	0	0	0	0	0	2631858.586	-2235775.308	-1388520.214	0	0	0	0
26	99.99199844	138.8998129	153.3806063	0	76.69030316	0	0	0	0	0	2179459.041	1852697.076	1147848.097	0	0	0	0
27	99.99034853	143.2413205	172.5365003	0	86.23747304	0	0	0	0	0	4811166.269	-4088337.155	-2536300.489	0	0	0	0
28	99.98996043	32.05364445	4.013165495	0	2.006582747	0	0	0	0	0	4961526.732	-4216287.525	-2615275.706	0	0	0	0
29	99.98943005	92.14719477	112.6430056	0	56.32150281	0	0	0	0	0	1110253.449	943717.7044	584858.6293	0	0	0	0
30	99.98936241	89.84028894	227.755309	0	113.8776545	0	0	0	0	0	3191732.903	2713854.138	1679926.975	0	0	0	0
31	99.98874562	87.66175726	43.433267	0	21.7166335	0	0	0	0	0	3111808.646	2645854.748	1637927.258	0	0	0	0
32	99.98822941	7.233463415	0.388027316	0	0.194013658	0	0	0	0	0	3036334.913	2581852.381	1597926.151	0	0	0	0
33	99.98810318	80.42829527	64.1372664	0	32.07833627	0	0	0	0	0	250544.7126	212963.5474	131981.743	0	0	0	0
34	99.99576649	2.891601924	0.082902901	0	0.041463993	0	0	0	0	0	2785999.925	2369076.432	1466039.714	0	0	0	0
35	99.99311871	77.5367107	44.89116723	0	22.4365657	0	0	0	0	0	100161.1361	84992.15602	52996.09988	0	0	0	0
36	99.99220246	77.5367107	81.61210596	0	40.81507089	0	0	0	0	0	2685741.01	2283995.888	1412999.488	0	0	0	0
37	99.98999176	57.61248571	35.22001539	0	17.61498649	0	0	0	0	0	2685681.631	2283942.535	1412972.866	0	0	0	0
38	99.99310103	11.84894069	2.230212627	0	1.114895717	0	0	0	0	0	1995617.361	1697039.892	1050021.076	0	0	0	0
39	99.99713525	4.342373739	0.167499711	0	0.08377814	0	0	0	0	0	410447.5871	349011.0881	216005.7457	0	0	0	0
40	100.001755	41.42117424	34.89761615	0	17.44880808	0	0	0	0	0	150426.8787	128009.6756	79004.86562	0	0	0	0
41	100.0042677	36.80633695	18.89409071	0	9.445013296	0	0	0	0	0	1434932.802	1220189.869	755095.2461	0	0	0	0
42	100.0051412	5.768669511	0.785682906	0	0.392841453	0	0	0	0	0	1275074.464	1084182.292	671091.3845	0	0	0	0
43	100.0074831	31.03767073	3.748344283	0	1.872727136	0	0	0	0	0	199847.5274	170031.5402	105015.7586	0	0	0	0
44	100.017747	9.958150182	1.059377078	0	0.529539792	0	0	0	0	0	1075367.265	914276.7562	566138.4699	0	0	0	0
45	100.0043068	21.07953442	3.47790218	0	1.73961761	0	0	0	0	0	344975.2982	293045.467	182022.83	0	0	0	0
46	100.0018237	4.614959289	0.046514503	0	0.023257251	0	0	0	0	0	730229.8095	621085.2314	384042.5887	0	0	0	0
47	99.99410153	16.46457591	0.346443128	0	0.173221564	0	0	0	0	0	159857.4496	136006.7568	84003.3707	0	0	0	0
48	99.99458248	11.84961638	2.273854736	0	1.136927368	0	0	0	0	0	570318.7413	485030.2925	300015.1363	0	0	0	0
49	99.98991072	7.234630158	1.161945192	0	0.580972596	0	0	0	0	0	410441.3378	349005.5715	216002.7843	0	0	0	0
50	99.98961857	2.891998715	0.113611911	0	0.056805955	0	0	0	0	0	250588.9227	213003.2386	132001.6233	0	0	0	0
51	99.98939765	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1526	85001.16313	53000.58559	0	0	0	0

**HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG**  
**JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS**  
**ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS - 2 UNIT DG**

Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	9.818479595	6.211022935	1431.796935	3.105511466	715.8722646	99.99002759	100.0197901	18	33	340122.1102	291088.1849	175928.1629	53494.18122	45470.05404	28179.80856	22
2	99.99796487	4.050926815	0.100380019	0	0.050214624	0	99.99002759	100.0197901	18	33	340115.1883	291081.9739	175925.0574	53494.18122	45470.05404	28179.80856	22
3	99.99788506	0.572656516	0.001329123	0	0.000664069	0	99.99002759	100.0197901	18	33	140325.2534	121081.8735	70925.00715	53494.18122	45470.05404	28179.80856	22
4	99.9978923	7.799385862	0.518822652	0	0.259502572	0	0	0	0	0	19836.98549	-14918.12783	-13074.99352	0	0	0	0
5	99.99810588	12.4136772	3.877756848	0	1.938878425	0	0	0	0	0	270173.5341	-227918.6467	-145075.253	0	0	0	0
6	99.99910922	15.3053363	7.548344718	0	3.77452374	0	0	0	0	0	430018.562	-363922.5244	-229077.1919	0	0	0	0
7	100.0006935	18.78597998	15.77733053	0	7.888665262	0	0	0	0	0	530196.0787	-448930.0728	-282080.9664	0	0	0	0
8	99.99799302	17.36001416	2.310001751	0	1.15545293	0	0	0	0	0	650752.3754	554701.2145	340272.2685	0	0	0	0
9	99.99756512	10.12621121	2.09489533	0	1.047447664	0	0	0	0	0	601353.8884	512698.9045	314271.113	0	0	0	0
10	99.99689971	2.891746466	0.067056463	0	0.033515688	0	0	0	0	0	350771.3707	299696.8096	182270.0656	0	0	0	0
11	99.9983915	38.85577429	32.90999252	0	16.45499626	0	0	0	0	0	100171.4248	85001.40975	53000.70451	0	0	0	0
12	100.0000663	2.178811866	0.011991481	0	0.00599574	0	0	0	0	0	1346004.397	1144103.78	709051.746	0	0	0	0
13	100.0036198	36.67697894	10.45624569	0	5.226105046	0	0	0	0	0	75478.98916	64006.40864	40003.21809	0	0	0	0
14	100.0057821	32.06220241	22.05335842	0	11.02513723	0	0	0	0	0	1270601.283	1080165.107	669082.179	0	0	0	0
15	100.0075931	31.62179268	14.68108638	0	7.340543193	0	0	0	0	0	1110751.606	944165.1779	585082.2569	0	0	0	0
16	100.0122891	2.891704778	0.112209095	0	0.05611709	0	0	0	0	0	1095545.647	-929520.0532	-579838.5418	0	0	0	0
17	100.0158775	34.5134974	17.98922307	0	8.994611534	0	0	0	0	0	100187.4966	85015.83766	53007.94119	0	0	0	0
18	100.0197901	37.40515009	41.36572944	0	20.68496344	0	0	0	0	0	1195819.228	-1014613.119	-632885.3334	0	0	0	0
19	100.0159269	14.42736037	2.296713058	0	1.148356529	0	0	0	0	0	1295958.781	-1099585.973	-685871.5992	0	0	0	0
20	100.0079186	51.83244414	34.87478402	0	17.44142191	0	0	0	0	0	499817.9992	425021.6551	263010.6937	0	0	0	0
21	100.0063541	5.767759579	0.173753805	0	0.086827002	0	0	0	0	0	1795642.625	-1524489.397	-948822.6988	0	0	0	0
22	100.00384	57.60017328	32.45784138	0	16.23389736	0	0	0	0	0	199808.7251	169996.7072	104998.3151	0	0	0	0
23	100.0019792	19.92224593	6.109418326	0	3.055304507	0	0	0	0	0	1995368.025	-1694412.31	-1053783.887	0	0	0	0
24	99.99859586	77.52237157	113.2771764	0	56.62957362	0	0	0	0	0	690117.1527	586950.3927	362975.0969	0	0	0	0
25	99.99663078	62.91961657	63.55187095	0	31.76999716	0	0	0	0	0	2685363.247	-2281254.796	-1416704.74	0	0	0	0
26	99.99392279	140.4419686	156.8053751	0	78.40268755	0	0	0	0	0	2179466.995	1852704.221	1147851.668	0	0	0	0
27	99.99227291	144.7834069	176.2714333	0	88.10427332	0	0	0	0	0	4864676.576	-4133821.699	-2564487.541	0	0	0	0
28	99.99188482	32.05311865	4.013033834	0	2.006516917	0	0	0	0	0	5015037.323	-4261772.323	-2643462.883	0	0	0	0
29	99.99135444	90.60124731	108.8951021	0	54.44755103	0	0	0	0	0	1110256.605	943720.5382	584860.0463	0	0	0	0
30	99.99128681	88.29438081	219.9846408	0	109.9923204	0	0	0	0	0	3138245.806	2668390.437	1651750.348	0	0	0	0
31	99.99067003	86.11588946	41.91492916	0	20.95746458	0	0	0	0	0	3058321.705	2600391.187	1609750.702	0	0	0	0
32	99.99015382	7.233327803	0.388012767	0	0.194006383	0	0	0	0	0	2982848.192	2536389.016	1569749.693	0	0	0	0
33	99.99002759	78.88256314	61.69567868	0	30.85717303	0	0	0	0	0	250544.8374	212963.6595	131981.7991	0	0	0	0
34	99.9968252	2.891546287	0.082899711	0	0.041462397	0	0	0	0	0	2732485.39	2323588.092	1437850.753	0	0	0	0
35	99.99417745	77.53521855	44.88943944	0	22.43570215	0	0	0	0	0	100160.2694	84991.37868	52995.70852	0	0	0	0
36	99.99326121	77.53521855	81.60896483	0	40.81349998	0	0	0	0	0	2685717.761	2283974.999	1412989.064	0	0	0	0
37	99.99105053	57.61137696	35.21865978	0	17.6143085	0	0	0	0	0	2685658.385	2283921.648	1412962.443	0	0	0	0
38	99.99415977	11.84871267	2.230126792	0	1.114852808	0	0	0	0	0	1995600.085	1697024.369	1050013.328	0	0	0	0
39	99.99826681	4.342290176	0.167493264	0	0.083774915	0	0	0	0	0	410444.3331	349008.1646	216004.286	0	0	0	0
40	100.0031081	41.42037706	34.89627292	0	17.44813646	0	0	0	0	0	150426.0194	128008.9031	79004.48115	0	0	0	0
41	100.0056853	36.80562858	18.89336346	0	9.444649748	0	0	0	0	0	1434925.526	1220183.332	755091.9829	0	0	0	0
42	100.0066074	5.76855849	0.785652665	0	0.392826333	0	0	0	0	0	1275068.617	1084177.039	671088.7617	0	0	0	0
43	100.0090428	31.03707338	3.748200005	0	1.872655053	0	0	0	0	0	199846.7979	170030.8845	105015.4319	0	0	0	0
44	100.0193877	9.957958532	1.059336302	0	0.52951941	0	0	0	0	0	1075364.208	914274.0107	566137.0984	0	0	0	0
45	100.0061817	21.07912873	3.477768311	0	1.73955065	0	0	0	0	0	344975.1265	293045.3128	182022.7527	0	0	0	0
46	100.0037479	4.614870471	0.046512712	0	0.023256356	0	0	0	0	0	730229.8058	621085.2282	384042.5871	0	0	0	0
47	99.99602583	16.46425904	0.346429793	0	0.173214896	0	0	0	0	0	159857.4493	136006.7565	84003.37058	0	0	0	0
48	99.99650677	11.84938833	2.273767212	0	1.136883606	0	0	0	0	0	570318.74	485030.2913	300015.1357	0	0	0	0
49	99.9918351	7.23449092	1.161900467	0	0.580950234	0	0	0	0	0	410441.3375	349005.5712	216002.7842	0	0	0	0
50	99.99154296	2.891943055	0.113607538	0	0.056803769	0	0	0	0	0	250588.9226	213003.2385	132001.6232	0	0	0	0
51	99.99132204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1525	85001.16309	53000.58557	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																		
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS																		
ADVANCED- OPF- 3 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS&MAXDG - 1 UNIT DG																		
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	
1	100	0.160789892	0.001665682	18812.53734	0.000832841	9406.806092	99.75133731	100	1	33	5569.925236	2910.726528	-4748.86704	11059884.48	9400901.811	5826155.673	2	
2	99.99999712	313.5025352	601.2022467	0	300.7485491	0	99.75133731	100	1	33	5569.925075	2910.724863	-4748.86788	11059884.48	9400901.811	5826155.673	2	
3	99.9938325	308.8877831	386.7034683	0	193.2086167	0	99.75133731	100	1	33	10859376.59	9233211.333	5716106.057	11059884.48	9400901.811	5826155.673	2	
4	99.98980925	301.6532716	776.0937646	0	388.1833744	0	0	0	0	0	10699096.26	9096824.63	5631912.848	0	0	0	0	
5	99.98153902	297.0379522	2220.2586	0	1110.1293	0	0	0	0	0	10447646.76	8883048.536	5499524.665	0	0	0	0	
6	99.95751387	294.145083	2787.976812	0	1394.118188	0	0	0	0	0	10285324.81	8744828.278	5414414.535	0	0	0	0	
7	99.92704812	288.372788	3717.700213	0	1858.850106	0	0	0	0	0	10182051.15	8657040.301	5360020.417	0	0	0	0	
8	99.8856107	286.945205	631.1173261	0	315.6821694	0	0	0	0	0	9978099.458	8483322.601	5253161.567	0	0	0	0	
9	99.87854064	279.7026338	1598.311699	0	799.1558494	0	0	0	0	0	9928000.333	8440691.483	5226845.885	0	0	0	0	
10	99.86017372	2.895705777	0.067240213	0	0.033607529	0	0	0	0	0	9675635.429	8226093.172	5094046.729	0	0	0	0	
11	99.84894705	38.90898039	33.00018304	0	16.50009152	0	0	0	0	0	100158.6691	84989.9692	52994.94439	0	0	0	0	
12	99.83753978	2.181795203	0.012024342	0	0.006012171	0	0	0	0	0	1345656.903	1143791.686	708895.6775	0	0	0	0	
13	99.81548255	36.72720172	10.48490134	0	5.240427341	0	0	0	0	0	75440.14532	63971.58852	39985.63978	0	0	0	0	
14	99.80640082	32.1061063	22.11379663	0	11.05535211	0	0	0	0	0	1269804.489	1079449.416	668724.4558	0	0	0	0	
15	99.79973811	237.8979649	830.9342753	0	415.4671376	0	0	0	0	0	1109960.858	943454.9882	584727.1086	0	0	0	0	
16	99.78811193	2.896032818	0.112545235	0	0.056285198	0	0	0	0	0	8223565.492	6991694.078	4329346.755	0	0	0	0	
17	99.78481949	235.0019468	834.0217686	0	417.0108843	0	0	0	0	0	100105.6473	84942.42742	52970.97924	0	0	0	0	
18	99.78145488	232.1056017	1592.755551	0	796.4585851	0	0	0	0	0	8122915.12	6906261.954	4276130.945	0	0	0	0	
19	99.77751638	14.45455407	2.305379228	0	1.152689614	0	0	0	0	0	8022485.384	6821028.019	4223014.149	0	0	0	0	
20	99.76934859	217.6510479	614.9356549	0	307.5388854	0	0	0	0	0	499565.5223	424794.8189	262897.457	0	0	0	0	
21	99.76775226	5.779281742	0.174448709	0	0.087174254	0	0	0	0	0	7522142.791	6395535.326	3959767.678	0	0	0	0	
22	99.76518277	211.8717694	439.1554135	0	219.6450412	0	0	0	0	0	199730.0876	169926.0247	104963.1079	0	0	0	0	
23	99.76331755	19.96373923	6.13489376	0	3.068044706	0	0	0	0	0	7322082.189	6225312.412	3854656.011	0	0	0	0	
24	99.75992608	191.9080334	694.1840398	0	347.0367769	0	0	0	0	0	689903.9479	586758.8033	362879.5449	0	0	0	0	
25	99.7579563	63.06097667	63.83775286	0	31.9129114	0	0	0	0	0	6631798.488	5638212.542	3491605.723	0	0	0	0	
26	99.75524183	128.8470589	131.9824384	0	65.99121921	0	0	0	0	0	2179149.578	1852419.101	1147709.178	0	0	0	0	
27	99.753588	124.4955611	130.3323081	0	65.14290532	0	0	0	0	0	4452394.712	3785565.102	2343782.312	0	0	0	0	
28	99.75319898	32.12968046	4.032227728	0	2.016113864	0	0	0	0	0	4302009.072	3657592.339	2264795.871	0	0	0	0	
29	99.75266734	92.36588387	113.178302	0	56.58915098	0	0	0	0	0	1110251.955	943716.3632	584857.9576	0	0	0	0	
30	99.75259954	90.05350532	228.8376471	0	114.4188236	0	0	0	0	0	3191732.131	2713853.445	1679926.628	0	0	0	0	
31	99.75198128	87.86980464	43.63967171	0	21.81983585	0	0	0	0	0	3111807.877	2645854.057	1637926.913	0	0	0	0	
32	99.75146385	7.250626896	0.389870914	0	0.194935457	0	0	0	0	0	3036334.131	2581851.679	1597925.8	0	0	0	0	
33	99.75133731	80.61917917	64.44206707	0	32.23078271	0	0	0	0	0	250544.5196	212963.3742	131981.6562	0	0	0	0	
34	99.86009911	2.898463427	0.08329681	0	0.041661006	0	0	0	0	0	2788823.233	2371613.06	1467305.872	0	0	0	0	
35	99.85744773	77.72073314	45.10450579	0	22.54319212	0	0	0	0	0	100262.5878	85083.15082	53041.90751	0	0	0	0	
36	99.85653024	77.72073314	81.99995528	0	41.00903841	0	0	0	0	0	2688462.499	2286441.187	1414219.682	0	0	0	0	
37	99.85431653	57.74922492	35.38739828	0	17.6987016	0	0	0	0	0	2688402.899	2286387.632	1414192.966	0	0	0	0	
38	99.85743002	11.87706148	2.240811004	0	1.120193905	0	0	0	0	0	1997639.732	1698856.966	1050927.927	0	0	0	0	
39	99.84882217	4.352679286	0.168295692	0	0.084176265	0	0	0	0	0	410811.4825	349338.0228	216168.9616	0	0	0	0	
40	99.8149699	41.51948711	35.06347125	0	17.53173563	0	0	0	0	0	150502.2428	128077.4275	79038.58329	0	0	0	0	
41	99.80630381	36.89369708	18.9838877	0	9.489902132	0	0	0	0	0	1435491.335	1220691.695	755345.7226	0	0	0	0	
42	99.79875028	5.782361302	0.789416929	0	0.394708465	0	0	0	0	0	1275463.114	1084531.472	671265.7013	0	0	0	0	
43	99.78485835	31.11133908	3.766158896	0	1.881627575	0	0	0	0	0	199875.9277	170057.0687	105028.4717	0	0	0	0	
44	99.78105151	9.981785738	1.064411885	0	0.532056488	0	0	0	0	0	1075368.729	914278.0715	566139.128	0	0	0	0	
45	99.76757943	21.12956725	3.494431557	0	1.747885466	0	0	0	0	0	344975.539	293045.6831	182022.9385	0	0	0	0	
46	99.76509042	4.625912891	0.046735569	0	0.023367785	0	0	0	0	0	730230.2604	621085.6365	384042.7911	0	0	0	0	
47	99.7573499	16.50365514	0.348089669	0	0.174044835	0	0	0	0	0	159857.4853	136006.7889	84003.38672	0	0	0	0	
48	99.757832	11.877742	2.284661747	0	1.142330873	0	0	0	0	0	570318.9016	485030.4365	300015.2082	0	0	0	0	
49	99.75314915	7.251801967	1.167467625	0	0.583733813	0	0	0	0	0	410441.3672	349005.5979	216002.7976	0	0	0	0	
50	99.7528563	2.89886305	0.11415188	0	0.05707594	0	0	0	0	0	250588.9399	213003.254	132001.631	0	0	0	0	
51	99.75263486	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1587	85001.16866	53000.58838	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																		
JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS																		
ADVANCED- OPF- 3 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS&MAXDG - 2 UNIT DG																		
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	
1	100	211.1376691	2872.143241	5663.207537	1436.071621	2831.561453	99.95198837	100.0437195	2	33	7314023.405	-6214689.52	-3856497.44	7299354.022	6204450.919	3845173.33	15	
2	100.0437195	102.2286965	63.92697092	0	31.97916152	0	99.95198837	100.0437195	2	33	7317221.061	-6217561.67	-3857933.51	7299354.022	6204450.919	3845173.33	15	
3	100.0417092	97.61615091	38.62068405	0	19.29604866	0	99.95198837	100.0437195	2	33	3542782.976	3013276.218	1863190.181	7299354.022	6204450.919	3845173.33	15	
4	100.0404377	90.38530371	69.67769217	0	34.85110034	0	0	0	0	0	3382890.071	2877237.598	1779170.885	0	0	0	0	
5	100.0379595	85.77258515	185.1299467	0	92.56497333	0	0	0	0	0	3132227.294	2664167.92	1647136.034	0	0	0	0	
6	100.0310217	82.88184859	221.3527028	0	110.6866555	0	0	0	0	0	2972171.239	2527982.79	1563043.469	0	0	0	0	
7	100.0224367	77.11505534	265.8545901	0	132.927295	0	0	0	0	0	2871755.638	2442761.437	1509932.782	0	0	0	0	
8	100.011355	75.68926756	43.91175194	0	21.96446927	0	0	0	0	0	2671647.208	2272495.583	1404799.855	0	0	0	0	
9	100.0094899	68.45618409	95.74006994	0	47.87003497	0	0	0	0	0	2622201.962	2230451.671	1378777.89	0	0	0	0	
10	100.0049943	2.891512401	0.067045608	0	0.033510263	0	0	0	0	0	2371510.214	2017355.931	1246730.02	0	0	0	0	
11	100.0037334	38.85262888	32.90466455	0	16.45233227	0	0	0	0	0	100168.6674	84998.9366	52999.45942	0	0	0	0	
12	100.0025767	2.178635499	0.011989539	0	0.00599477	0	0	0	0	0	1345929.224	1144036.264	709017.9861	0	0	0	0	
13	100.000587	36.67400989	10.45455287	0	5.225258961	0	0	0	0	0	75470.59049	63998.87983	39999.41761	0	0	0	0	
14	100.0003153	32.05960692	22.04978805	0	11.0233523	0	0	0	0	0	1270428.975	1080010.335	669004.8256	0	0	0	0	
15	100.000292	26.71216554	10.47619117	0	5.238095583	0	0	0	0	0	1110580.604	944011.5946	585005.4598	0	0	0	0	
16	99.98868917	2.891550311	0.112197107	0	0.056111095	0	0	0	0	0	925231.8947	788154.8429	484629.7582	0	0	0	0	
17	99.98540334	23.82067871	8.569248333	0	4.284624167	0	0	0	0	0	100151.6201	84983.659	52991.74193	0	0	0	0	
18	99.98204548	20.92917955	12.95037341	0	6.475843751	0	0	0	0	0	825024.36	703118.9001	431612.1024	0	0	0	0	
19	99.97811489	14.42779794	2.296852372	0	1.148426186	0	0	0	0	0	724849.3781	618111.6799	378608.7321	0	0	0	0	
20	99.96996349	6.501870295	0.548762913	0	0.274444868	0	0	0	0	0	499643.4608	424864.8372	262932.4211	0	0	0	0	
21	99.96837036	5.76807489	0.173772803	0	0.086836496	0	0	0	0	0	225160.154	193190.3953	115648.4593	0	0	0	0	
22	99.96580604	0.738727445	0.005338762	0	0.002670199	0	0	0	0	0	199743.6518	169938.2155	104969.1828	0	0	0	0	
23	99.96394456	19.9237005	6.110310484	0	3.055750673	0	0	0	0	0	25581.04268	23246.5044	10676.59952	0	0	0	0	
24	99.9605599	191.5229355	691.4008253	0	345.6453911	0	0	0	0	0	689905.0242	586759.7701	362880.0278	0	0	0	0	
25	99.95859407	62.93446817	63.58187615	0	31.78499696	0	0	0	0	0	6631802.005	5638215.699	3491607.304	0	0	0	0	
26	99.95588505	128.5884694	131.453206	0	65.72660302	0	0	0	0	0	2179152.172	1852421.43	1147710.344	0	0	0	0	
27	99.95423454	124.2457013	129.8096851	0	64.88168705	0	0	0	0	0	4452396.654	3785566.846	2343783.185	0	0	0	0	
28	99.9538463	32.06521925	4.016064383	0	2.008032192	0	0	0	0	0	4302010.893	3657593.974	2264796.69	0	0	0	0	
29	99.95331572	92.18048531	112.7244107	0	56.36220534	0	0	0	0	0	1110253.222	943717.5004	584858.5271	0	0	0	0	
30	99.95324806	89.87274637	227.9199052	0	113.9599526	0	0	0	0	0	3191732.786	2713854.033	1679926.922	0	0	0	0	
31	99.95263105	87.69342783	43.46465594	0	21.73232797	0	0	0	0	0	3111808.529	2645854.643	1637927.206	0	0	0	0	
32	99.95211465	7.236076173	0.388307681	0	0.19415384	0	0	0	0	0	3036334.794	2581852.274	1597926.098	0	0	0	0	
33	99.95198837	80.45735308	64.18361887	0	32.10151951	0	0	0	0	0	250544.6832	212963.521	131981.7298	0	0	0	0	
34	100.0049198	2.892646435	0.082962805	0	0.041493953	0	0	0	0	0	2787261.589	2370210.008	1466605.498	0	0	0	0	
35	100.0022723	77.56472401	44.92361063	0	22.45278089	0	0	0	0	0	100206.4888	85032.8349	53016.57656	0	0	0	0	
36	100.0013561	77.56472401	81.67108803	0	40.84456844	0	0	0	0	0	2686957.295	2285088.76	1413544.788	0	0	0	0	
37	99.99914563	57.6333012	35.24547009	0	17.62771744	0	0	0	0	0	2686897.901	2285035.391	1413518.161	0	0	0	0	
38	100.0022546	11.85322145	2.231824372	0	1.115701438	0	0	0	0	0	1996521.131	1697851.932	1050426.314	0	0	0	0	
39	100.0036087	4.343942529	0.167620759	0	0.083838684	0	0	0	0	0	410622.4534	349168.1968	216084.1726	0	0	0	0	
40	100.0000753	41.43614017	34.92283851	0	17.46141926	0	0	0	0	0	150478.6966	128056.2608	79028.04686	0	0	0	0	
41	100.0002185	36.81963557	18.90774656	0	9.451839751	0	0	0	0	0	1435393.137	1220603.474	755301.6733	0	0	0	0	
42	99.99930618	5.77075378	0.786250757	0	0.393125378	0	0	0	0	0	1275460.741	1084529.341	671264.6357	0	0	0	0	
43	99.98544212	31.04888508	3.751053434	0	1.874080667	0	0	0	0	0	199875.673	170056.8399	105028.3575	0	0	0	0	
44	99.98164293	9.961748167	1.060142745	0	0.529922518	0	0	0	0	0	1075367.487	914276.9562	566138.57	0	0	0	0	
45	99.96819789	21.0871508	3.480415879	0	1.740874942	0	0	0	0	0	344975.3348	293045.4998	182022.8465	0	0	0	0	
46	99.96571387	4.61662673	0.046548121	0	0.023274061	0	0	0	0	0	730229.878	621085.293	384042.6195	0	0	0	0	
47	99.95798889	16.47052485	0.346693525	0	0.173346763	0	0	0	0	0	159857.455	136006.7617	84003.37314	0	0	0	0	
48	99.95847002	11.85389788	2.275498208	0	1.137749104	0	0	0	0	0	570318.7657	485030.3144	300015.1472	0	0	0	0	
49	99.95379657	7.237244182	1.162785014	0	0.581392507	0	0	0	0	0	410441.3422	349005.5755	216002.7863	0	0	0	0	
50	99.95350431	2.893043656	0.113694027	0	0.056847013	0	0	0	0	0	250588.9254	213003.2409	132001.6245	0	0	0	0	
51	99.95328331	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1535	85001.16398	53000.58602	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																	
JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT-51 BUS																	
ADVANCED- OPF- 3 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS&MAXDG - 3 UNIT DG																	
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG
1	100	422.091063	11478.54825	14267.17234	5739.274126	7133.543894	99.99571185	100.0874029	2	33	14621663.33	-12425722.42	-7706780.191	7317219.836	6219636.861	3854584.731	2
2	100.0874029	102.1840002	63.871083	0	31.95120385	0	99.99571185	100.0874029	2	33	14634443.08	-12437200.97	-7712519.465	7317219.836	6219636.861	3854584.731	2
3	100.0853935	97.57346784	38.58691733	0	19.27917779	0	99.99571185	100.0874029	2	33	3542780.321	3013273.834	1863188.989	7317219.836	6219636.861	3854584.731	2
4	100.0841225	90.34577677	69.61676314	0	34.82062511	0	0	0	0	0	3382887.453	2877235.247	1779169.709	0	0	0	0
5	100.0816454	85.73507168	184.9680452	0	92.48402262	0	0	0	0	0	3132224.744	2664165.63	1647134.889	0	0	0	0
6	100.0747106	82.8455971	221.1591112	0	110.5898507	0	0	0	0	0	2972168.869	2527980.662	1563042.405	0	0	0	0
7	100.0661294	77.08132186	265.6220481	0	132.811024	0	0	0	0	0	2871753.485	2442759.503	1509931.815	0	0	0	0
8	100.0550525	75.65615676	43.87334132	0	21.94525644	0	0	0	0	0	2671645.314	2272493.881	1404799.004	0	0	0	0
9	100.0531883	68.42623235	95.65630962	0	47.82815481	0	0	0	0	0	2622200.11	2230450.008	1378777.059	0	0	0	0
10	100.0486946	2.890249415	0.066987051	0	0.033480995	0	0	0	0	0	2371508.455	2017354.351	1246729.231	0	0	0	0
11	100.0474343	38.83565659	32.87592285	0	16.43796143	0	0	0	0	0	100168.6684	84998.93753	52999.45989	0	0	0	0
12	100.0462781	2.17768384	0.011979067	0	0.005989534	0	0	0	0	0	1345929.189	1144036.232	709017.9704	0	0	0	0
13	100.0442892	36.65798926	10.44542096	0	5.220694767	0	0	0	0	0	75470.59159	63998.88081	39999.41812	0	0	0	0
14	100.0440177	32.04560196	22.03052775	0	11.01372349	0	0	0	0	0	1270428.965	1080010.326	669004.8214	0	0	0	0
15	100.0439944	26.70044901	10.467003	0	5.233501496	0	0	0	0	0	1110580.593	944011.5846	585005.4551	0	0	0	0
16	100.0323966	2.890287275	0.112099113	0	0.056062087	0	0	0	0	0	925230.3316	788153.4395	484629.0563	0	0	0	0
17	100.0291122	23.81022518	8.561728865	0	4.280864431	0	0	0	0	0	100151.636	84983.67328	52991.74915	0	0	0	0
18	100.0257558	20.91998906	12.93900225	0	6.470157593	0	0	0	0	0	825022.8318	703117.5282	431611.416	0	0	0	0
19	100.0218269	14.42149539	2.294846128	0	1.147423064	0	0	0	0	0	724847.8567	618110.3144	378608.0487	0	0	0	0
20	100.0136791	6.498982096	0.548275484	0	0.274201097	0	0	0	0	0	499643.5923	424864.9553	262932.4802	0	0	0	0
21	100.0120867	5.76555521	0.173621017	0	0.086760646	0	0	0	0	0	225158.5547	193188.9611	115647.7412	0	0	0	0
22	100.0095235	0.73835666	0.005333403	0	0.002667519	0	0	0	0	0	199743.7119	169938.2695	104969.2097	0	0	0	0
23	100.0076628	19.91499703	6.104973196	0	3.053081509	0	0	0	0	0	25579.38493	23245.02128	10675.85684	0	0	0	0
24	100.0042796	191.4392245	690.7965614	0	345.3433073	0	0	0	0	0	689905.2579	586759.98	362880.1327	0	0	0	0
25	100.0023147	62.90696825	63.52632268	0	31.75722541	0	0	0	0	0	6631802.768	5638216.384	3491607.647	0	0	0	0
26	99.99960682	128.5322584	131.3383044	0	65.66915222	0	0	0	0	0	2179152.735	1852421.936	1147710.597	0	0	0	0
27	99.99795704	124.1913879	129.6962184	0	64.82497397	0	0	0	0	0	4452397.075	3785567.225	2343783.374	0	0	0	0
28	99.99756897	32.05120693	4.012555156	0	2.006277578	0	0	0	0	0	4302011.288	3657594.329	2264796.867	0	0	0	0
29	99.99703863	92.14018418	112.6258664	0	56.31293321	0	0	0	0	0	1110253.497	943717.7473	584858.6508	0	0	0	0
30	99.996971	89.83345378	227.7206545	0	113.8603272	0	0	0	0	0	3191732.928	2713854.16	1679926.986	0	0	0	0
31	99.99635425	87.65508782	43.4266583	0	21.71332915	0	0	0	0	0	3111808.671	2645854.77	1637927.269	0	0	0	0
32	99.99583808	7.232913198	0.387968287	0	0.193984144	0	0	0	0	0	3036334.938	2581852.403	1597926.163	0	0	0	0
33	99.99571185	80.42217604	64.12750724	0	32.07345521	0	0	0	0	0	250544.7187	212963.5529	131981.7458	0	0	0	0
34	100.0486202	2.891381962	0.082890289	0	0.041457685	0	0	0	0	0	2787260.411	2370208.95	1466604.968	0	0	0	0
35	100.0459738	77.53081143	44.88433652	0	22.43315172	0	0	0	0	0	100206.4568	85032.80619	53016.56206	0	0	0	0
36	100.045058	77.53081143	81.59968774	0	40.80886041	0	0	0	0	0	2686956.235	2285087.808	1413544.311	0	0	0	0
37	100.0428485	57.60810222	35.2146561	0	17.61230609	0	0	0	0	0	2686896.893	2285034.486	1413517.707	0	0	0	0
38	100.0459561	11.84803921	2.229873286	0	1.114726079	0	0	0	0	0	1996520.301	1697851.187	1050425.941	0	0	0	0
39	100.0473096	4.34204337	0.167474225	0	0.083765392	0	0	0	0	0	410622.2897	349168.0497	216084.099	0	0	0	0
40	100.0437777	41.41802259	34.89230578	0	17.44615289	0	0	0	0	0	150478.6418	128056.2116	79028.02234	0	0	0	0
41	100.0439209	36.80353641	18.89121558	0	9.443576038	0	0	0	0	0	1435392.55	1220602.947	755301.4095	0	0	0	0
42	100.043009	5.768230588	0.78556335	0	0.392781675	0	0	0	0	0	1275460.226	1084528.878	671264.4044	0	0	0	0
43	100.029151	31.03530911	3.747773892	0	1.87244216	0	0	0	0	0	199875.6177	170056.7902	105028.3327	0	0	0	0
44	100.0253534	9.957392489	1.059215873	0	0.529459212	0	0	0	0	0	1075367.218	914276.7141	566138.4488	0	0	0	0
45	100.0119143	21.0779305	3.47737294	0	1.739352889	0	0	0	0	0	344975.2905	293045.4601	182022.8265	0	0	0	0
46	100.0094314	4.614608146	0.046507425	0	0.023253712	0	0	0	0	0	730229.795	621085.2185	384042.5822	0	0	0	0
47	100.0017097	16.46332314	0.346390409	0	0.173195205	0	0	0	0	0	159857.4484	136006.7558	84003.37019	0	0	0	0
48	100.0021907	11.84871475	2.273508716	0	1.136754358	0	0	0	0	0	570318.7362	485030.2879	300015.134	0	0	0	0
49	99.99751926	7.234079676	1.161768374	0	0.580884187	0	0	0	0	0	410441.3368	349005.5706	216002.7839	0	0	0	0
50	99.99722713	2.891778663	0.113594622	0	0.056797311	0	0	0	0	0	250588.9222	213003.2381	132001.623	0	0	0	0
51	99.99700623	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1524	85001.16296	53000.5855	0	0	0	0

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## **Lampiran – 18**

**Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

**Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1 ,2 & 3 Kapasitor Bank**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK															
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS															
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 1 UNIT KAPASITOR BANK															
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	
1	100	196.412688	10670.65931	129776.0728	5439.490104	94708.88423	94.16925385	100	1	32	4306890.916	3844774.963	1940879.917	453829.3207	
2	99.72191051	71.50797078	2515.787823	0	2400.736551	0	94.16925385	100	1	32	4294913.905	3834104.304	1935440.426	453829.3207	
3	98.79540976	67.12302826	20331.52347	0	18320.26785	0	94.16925385	100	1	32	1549121.758	1521201.068	292789.2283	453829.3207	
4	98.40422681	62.69871561	4829.391901	0	5641.956253	0	94.16925385	100	1	32	1448370.357	1426015.357	253489.4339	453829.3207	
5	98.03587383	31.8589655	2158.587065	0	2854.060736	0	94.16925385	100	1	32	1347838.947	1330932.889	212808.5321	453829.3207	
6	97.10695261	28.19143649	2384.271274	0	1192.135637	0	94.16925385	100	1	32	678385.1429	669227.8317	-111087.8548	453829.3207	
7	97.00363319	26.05589284	2989.917666	0	2352.421597	0	0	0	0	0	599652.3494	576739.6823	-164177.5839	0	
8	97.11065626	24.18462317	950.3390176	0	1250.917071	0	0	0	0	0	554839.2571	517560.6573	-199943.9104	0	
9	96.96787203	16.83392091	502.4343239	0	447.1750497	0	0	0	0	0	514234.8705	457027.3669	-235719.087	0	
10	96.87343497	14.03558156	441.0578139	0	322.0909937	0	0	0	0	0	357589.1352	330224.0711	137193.4856	0	
11	96.86648051	11.05846489	472.8940603	0	631.3814412	0	0	0	0	0	298124.9104	270124.8845	126138.8478	0	
12	97.01655126	8.085159801	143.5521006	0	112.5668111	0	0	0	0	0	235252.9125	211193.8379	103639.2575	0	
13	96.68287164	3.430265273	17.65007976	0	17.65007976	0	0	0	0	0	171408.5505	150767.7834	81547.32769	0	
14	96.63604597	29.43668991	2599.556138	0	1299.778069	0	0	0	0	0	72687.74425	60364.42184	40492.52697	0	
15	96.46487509	8.434934759	219.8477044	0	157.9488362	0	0	0	0	0	622662.2151	566345.4904	258768.274	0	
16	96.29135232	5.475009004	93.88396631	0	66.54610639	0	0	0	0	0	178099.7652	165126.2595	66729.63948	0	
17	96.00318347	2.546216491	3.823802222	0	1.264227591	0	0	0	0	0	115256.335	104969.8382	47595.75427	0	
18	95.90185736	10.51242966	236.8475551	0	77.94353332	0	0	0	0	0	53544.72321	45105.97306	28852.87816	0	
19	99.53566606	123.8575694	22688.89162	0	11556.14743	0	0	0	0	0	229443.7133	203798.7235	105406.3465	0	
20	97.96654337	72.48090864	5768.323364	0	2937.747199	0	0	0	0	0	2660692.412	2176960.494	1529747.405	0	
21	97.56085308	65.89804874	4964.840647	0	2528.668511	0	0	0	0	0	1550577.763	1148925.011	1041279.366	0	
22	97.33287146	62.93158651	9730.664915	0	8399.975695	0	0	0	0	0	1406456.887	1030692.135	956971.629	0	
23	98.4387007	48.23006742	3148.662296	0	2151.446334	0	0	0	0	0	1358403.795	961936.6353	959134.3915	0	
24	97.77505768	43.46828017	5090.289779	0	4019.515014	0	0	0	0	0	1034047.009	930742.5796	450523.5486	0	
25	97.44429489	21.77096608	1274.044703	0	996.9115419	0	0	0	0	0	928802.1414	838728.7157	399008.2196	0	
26	96.92971625	60.2925165	2213.829215	0	1127.635177	0	0	0	0	0	462731.4051	416481.2214	201652.5364	0	
27	96.69499467	57.50777234	2819.670871	0	1435.631158	0	0	0	0	0	1278385.211	880345.7752	926962.8163	0	
28	95.64707592	54.74681479	9522.148019	0	8395.495378	0	0	0	0	0	1206125.711	810305.0148	893389.6199	0	
29	94.89686148	52.17711133	6568.185154	0	5722.0474	0	0	0	0	0	1139213.28	743925.8873	862775.273	0	
30	94.5773168	45.9908618	3220.330139	0	1640.30609	0	0	0	0	0	1082084.942	680679.559	841179.6235	0	
31	94.23643852	19.27442811	1085.979262	0	1073.27384	0	0	0	0	0	950352.5517	560154.2384	767722.0863	0	
32	94.16925385	11.26405683	118.1877664	0	137.7525046	0	0	0	0	0	398001.7332	359914.5583	169902.5909	0	
33	95.86931673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	236792.9664	218017.0757	92409.21836	0	



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																			
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																			
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 2 UNIT KAPASITOR BANK																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	179.120041	8874.431382	95878.28925	4523.842462	72060.39084	95.90162308	100	1	33	3927701.848	3810877.179	950819.0844	0	0	0	0	967412.3387	30
2	99.75290985	71.48431833	2514.123821	0	2399.148647	0	95.90162308	100	1	33	3917996.884	3802002.748	946295.242	0	0	0	0	967412.3387	30
3	98.9919565	67.10075659	20318.03355	0	18308.1124	0	95.90162308	100	1	33	1551690.213	1524609.403	288632.4413	0	0	0	0	967412.3387	30
4	98.72307863	62.67787797	4826.18238	0	5638.206718	0	95.90162308	100	1	33	1452581.271	1431494.958	246606.0311	0	0	0	0	967412.3387	30
5	98.48196306	31.84835171	2157.14904	0	2852.159396	0	95.90162308	100	1	33	1353521.985	1338153.497	203388.7517	0	0	0	0	967412.3387	30
6	98.00852526	28.18204423	2382.68285	0	1191.341426	0	95.90162308	100	1	33	684455.3903	673720.9168	-120744.803	0	0	0	0	967412.3387	30
7	97.03554559	26.04722191	2987.928015	0	2350.856171	0	0	0	0	0	599649.778	576735.1885	-164183.978	0	0	0	0	0	0
8	97.14253346	24.17658413	949.7073308	0	1250.085592	0	0	0	0	0	554836.6856	517555.6228	-199949.806	0	0	0	0	0	0
9	96.99979629	16.82827559	502.0973931	0	446.8751758	0	0	0	0	0	514233.18	457022.6939	-235724.459	0	0	0	0	0	0
10	96.90539038	14.03086648	440.7615278	0	321.8746251	0	0	0	0	0	357587.1336	330223.8933	137188.6964	0	0	0	0	0	0
11	96.89843821	11.05474357	472.575843	0	630.9565758	0	0	0	0	0	298123.0818	270124.7771	126134.7562	0	0	0	0	0	0
12	97.04846834	8.082437238	143.4554385	0	112.4910133	0	0	0	0	0	235251.1156	211193.0335	103636.8176	0	0	0	0	0	0
13	96.71490335	3.429109721	17.6381902	0	17.63819021	0	0	0	0	0	171407.6008	150767.266	81546.28819	0	0	0	0	0	0
14	96.66809434	29.42701078	2597.846891	0	1298.923446	0	0	0	0	0	72687.35599	60364.17668	40492.19548	0	0	0	0	0	0
15	96.49698095	8.432155071	219.7028289	0	157.8447509	0	0	0	0	0	622664.6455	566344.7732	258775.6917	0	0	0	0	0	0
16	96.32351651	5.473203448	93.82205412	0	66.50222228	0	0	0	0	0	178100.5444	165126.2279	66731.79733	0	0	0	0	0	0
17	96.03544474	2.545376733	3.821280411	0	1.263393829	0	0	0	0	0	115257.044	104969.8969	47597.34157	0	0	0	0	0	0
18	95.93415274	10.5089724	236.691795	0	77.89227467	0	0	0	0	0	53545.08932	45105.92173	28853.63781	0	0	0	0	0	0
19	99.56672844	102.6737097	15591.45629	0	7941.206237	0	0	0	0	0	229439.835	203796.1982	105402.7869	0	0	0	0	0	0
20	97.99813572	51.80492933	2946.758271	0	1500.753393	0	0	0	0	0	2206334.727	2134482.34	558478.3527	0	0	0	0	0	0
21	97.59258225	46.10854122	2430.653026	0	1237.968387	0	0	0	0	0	1108618.772	1106284.424	71905.17538	0	0	0	0	0	0
22	97.36468075	43.34472067	4616.125139	0	3984.860163	0	0	0	0	0	984412.5902	984358.2936	-10339.1212	0	0	0	0	0	0
23	98.63597228	48.13211881	3135.886286	0	2142.716627	0	0	0	0	0	937488.3326	937202.5388	-23146.8154	0	0	0	0	0	0
24	97.97367993	43.3798571	5069.601533	0	4003.178672	0	0	0	0	0	1034043.321	930739.5266	450521.39	0	0	0	0	0	0
25	97.64359237	21.72653	1268.84918	0	992.8461611	0	0	0	0	0	928808.5383	838733.8823	399012.2498	0	0	0	0	0	0
26	97.89918835	40.59570317	1003.63877	0	511.2130482	0	0	0	0	0	466405.6404	422017.5375	198583.5326	0	0	0	0	0	0
27	97.75935651	37.89413291	1224.304022	0	623.3525407	0	0	0	0	0	870227.3644	868788.2654	-50026.1498	0	0	0	0	0	0
28	97.31413163	35.24327903	3946.115853	0	3479.214705	0	0	0	0	0	808615.792	804762.6617	-78845.1487	0	0	0	0	0	0
29	97.01713517	32.61361862	2566.157453	0	2235.575618	0	0	0	0	0	749754.5112	742231.9542	-105941.272	0	0	0	0	0	0
30	96.86625368	27.9877817	1192.598495	0	607.4614994	0	0	0	0	0	692732.9174	681073.3362	-126562.26	0	0	0	0	0	0
31	96.53349778	18.81541555	1034.870861	0	1022.763382	0	0	0	0	0	592435.1985	558982.704	-196259.525	0	0	0	0	0	0
32	96.46791422	10.99565421	112.6224593	0	131.2659196	0	0	0	0	0	398007.2984	359918.552	169907.1673	0	0	0	0	0	0
33	95.90162308	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231228.5013	209978.6258	96827.66395	0	0	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN -3 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	175.684944	8537.314191	104220.4814	4351.993134	79634.33567	96.48907382	100	1	32	3852377.853	3819219.371	504359.5119	450417.1066	14	
2	99.76554035	70.93326801	2475.512027	0	2362.302636	0	96.48907382	100	1	32	3843345.582	3810682.057	500007.5188	450417.1066	14	
3	99.00525684	67.0493639	20286.92217	0	18280.07866	0	96.48907382	100	1	32	1539935.592	1532545.05	-150689.4083	450417.1066	14	
4	98.73683785	63.23953843	4913.065382	0	5739.708129	0	96.48907382	100	1	32	1451671.028	1438975.536	-191567.6886	450417.1066	14	
5	98.49619671	41.10169659	3592.739502	0	4750.281754	0	96.48907382	100	1	32	1365848.36	1345656.82	-233986.0393	450417.1066	14	
6	98.02444472	39.32990134	4640.523417	0	2320.261709	0	96.48907382	100	1	32	883463.2181	684851.8548	-558108.5869	450417.1066	14	
7	97.60167381	38.72444027	6604.160335	0	5196.05258	0	0	0	0	0	841733.197	585789.4383	-604454.7203	0	0	
8	97.70804109	38.41504429	2397.742752	0	3156.113013	0	0	0	0	0	829678.4091	526959.5824	-640843.0862	0	0	
9	97.56613364	16.56831448	486.704536	0	433.1752723	0	0	0	0	0	821854.1762	467047.5438	-676247.646	0	0	
10	97.47227683	13.81375117	427.2262745	0	311.9902447	0	0	0	0	0	354122.7049	325586.8816	139269.7837	0	0	
11	97.4653651	10.88339463	458.0394937	0	611.5484629	0	0	0	0	0	295227.1376	266181.3753	127697.0565	0	0	
12	98.0141804	7.957078374	139.0399514	0	109.0285957	0	0	0	0	0	233909.3719	209412.1598	104212.0031	0	0	
13	98.01022119	3.375903459	17.09508625	0	17.09508625	0	0	0	0	0	171009.146	150301.9375	81568.71691	0	0	
14	98.16768261	29.25635423	2567.802789	0	1283.901394	0	0	0	0	0	72669.62023	60352.97752	40477.05288	0	0	
15	97.99921641	8.383146271	217.1563669	0	156.0152539	0	0	0	0	0	628690.8533	574537.4143	255262.5091	0	0	
16	97.82843805	5.441369821	92.73383931	0	65.73088227	0	0	0	0	0	179831.8021	167429.1074	65627.5176	0	0	
17	97.54483592	2.530571037	3.776955209	0	1.248739006	0	0	0	0	0	116387.6392	106495.7701	46954.58993	0	0	
18	97.44511504	10.44801621	233.9539468	0	76.99128346	0	0	0	0	0	54072.06293	45851.49086	28660.57877	0	0	
19	99.62188331	102.6166722	15574.1383	0	7932.385656	0	0	0	0	0	228235.3542	202154.6113	105947.5815	0	0	
20	98.42683047	51.78566211	2944.56677	0	1499.637284	0	0	0	0	0	2214755.352	2146107.16	547142.8761	0	0	
21	98.15547989	46.10187397	2429.950136	0	1237.610395	0	0	0	0	0	1114598.405	1112861.855	62194.00939	0	0	
22	98.18985818	43.34376982	4615.922613	0	3984.685333	0	0	0	0	0	992612.0541	992371.7653	-21839.62865	0	0	
23	98.64932156	48.12550515	3135.024564	0	2142.127821	0	0	0	0	0	937594.6428	937213.1364	-26744.18054	0	0	
24	97.98712041	43.37388665	5068.206153	0	4002.076819	0	0	0	0	0	1034043.072	930739.3207	450521.2445	0	0	
25	97.65707844	21.72352965	1268.498758	0	992.5719635	0	0	0	0	0	928808.9697	838734.2307	399012.5216	0	0	
26	97.9153617	40.59941813	1003.822466	0	511.3066159	0	0	0	0	0	466418.273	422036.8594	198572.1399	0	0	
27	97.77588397	37.90415694	1224.951832	0	623.6823718	0	0	0	0	0	870454.1364	868800.1815	-53634.39406	0	0	
28	97.33288866	35.26050901	3949.975206	0	3482.617422	0	0	0	0	0	808985.5927	804772.3157	-82457.31619	0	0	
29	97.03757422	32.63811832	2570.014351	0	2238.935655	0	0	0	0	0	750279.0878	742237.1856	-109556.6976	0	0	
30	96.88732593	28.03833719	1196.910866	0	609.6580471	0	0	0	0	0	693404.1158	681074.4568	-130180.0753	0	0	
31	96.55464299	18.81129175	1034.417283	0	1022.315111	0	0	0	0	0	593635.3433	558978.7962	-199864.0194	0	0	
32	96.48907382	10.99324292	112.5730696	0	131.2083539	0	0	0	0	0	398007.3478	359918.5875	169907.2079	0	0	
33	97.41309012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234821.2945	214806.9711	94863.08828	0		

## **Lampiran – 19**

**Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

**Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 2 FO - 1 ,2 & 3 Kapasitor Bank**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK															
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS															
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEG&PLOSS -1 UNIT KAPASITOR BANK															
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	182.2059379	9182.844454	135097.4	4681.059538	100383.8306	94.19613186	100	1	32	3995368.665	3850096.29	1067581.062	1332803.121	19
2	99.74722672	75.34108184	2792.729077	0	2665.012808	0	94.19613186	100	1	32	3985269.44	3840913.446	1062900.003	1332803.121	19
3	98.820979	73.90665922	24648.6979	0	22210.37437	0	94.19613186	100	1	32	1632583.253	1529245.26	-571609.142	1332803.121	19
4	98.42990545	69.31090508	5901.71592	0	6894.703043	0	94.19613186	100	1	32	1595162.65	1428938.02	708999.3063	1332803.121	19
5	98.06165614	35.12187483	2623.382473	0	3468.608255	0	94.19613186	100	1	32	1490373.524	1332890.899	666794.6399	1332803.121	19
6	97.13299664	30.47713299	2786.566905	0	1393.283452	0	94.19613186	100	1	32	748064.0965	666277.596	340108.8908	1332803.121	19
7	96.5715762	27.19141893	3256.199852	0	2561.928358	0	0	0	0	0	645383.3588	577484.4722	288151.6341	0	0
8	96.6790781	23.88517059	926.9506328	0	1220.131289	0	0	0	0	0	576446.0989	517941.4169	253035.1628	0	0
9	96.53565366	17.08667876	517.63549	0	460.7043448	0	0	0	0	0	505603.908	456729.5698	216871.8789	0	0
10	96.4407929	14.24669791	454.425954	0	331.8533364	0	0	0	0	0	361337.2708	335192.2012	134947.4398	0	0
11	96.43380724	11.22509275	487.2524692	0	650.5519779	0	0	0	0	0	301257.4959	274350.2138	124450.9504	0	0
12	96.16097516	8.207068493	147.9137173	0	115.9869859	0	0	0	0	0	236691.7552	213098.8177	103013.9838	0	0
13	95.48216816	3.482008137	18.186571	0	18.186571	0	0	0	0	0	171832.2446	151264.3609	81519.40504	0	0
14	95.22297319	29.56836351	2622.864361	0	1311.432181	0	0	0	0	0	72705.26341	60375.48374	40507.48438	0	0
15	95.04922829	8.472749896	221.8233466	0	159.3682296	0	0	0	0	0	616268.8507	557662.5865	262297.0376	0	0
16	94.87309357	5.499572087	94.7282581	0	67.14455076	0	0	0	0	0	176263.2534	162683.4085	67844.25612	0	0
17	94.58057801	2.557640698	3.858192	0	1.275597558	0	0	0	0	0	114057.8539	103353.5194	48241.5181	0	0
18	94.47772402	10.5594618	238.971587	0	78.64252535	0	0	0	0	0	52986.26285	44318.67872	29041.32861	0	0
19	99.6458878	123.8237499	22676.50282	0	11549.83744	0	0	0	0	0	230725.4478	205522.8545	104855.0834	0	0
20	97.6785111	72.46068524	5765.104894	0	2936.108066	0	0	0	0	0	2652145.317	2164682.251	1532326.837	0	0
21	97.1312887	65.87954521	4962.052882	0	2527.24866	0	0	0	0	0	1543319.774	1138710.84	1041716.634	0	0
22	96.62715483	62.91386488	9725.185345	0	8395.245468	0	0	0	0	0	1395867.249	1016510.933	956635.1961	0	0
23	98.4643644	48.21730224	3146.995787	0	2150.307626	0	0	0	0	0	1358375.313	961912.9098	959117.8471	0	0
24	97.80089741	43.45675635	5087.591179	0	4017.384081	0	0	0	0	0	1034046.528	930742.1813	450523.267	0	0
25	97.47022262	21.76517486	1273.366985	0	996.3812422	0	0	0	0	0	928802.9758	838729.3896	399008.7453	0	0
26	96.95581042	60.27550522	2212.580146	0	1126.998951	0	0	0	0	0	462732.8529	416483.2176	201651.7359	0	0
27	96.72115538	57.49151312	2818.076681	0	1434.819479	0	0	0	0	0	1278370.288	880334.2338	926953.1968	0	0
28	95.67353375	54.73130493	9516.753504	0	8390.739138	0	0	0	0	0	1206118.245	810299.155	893384.8561	0	0
29	94.92353223	52.16231443	6564.460341	0	5718.80243	0	0	0	0	0	1139210.624	743923.651	862773.6943	0	0
30	94.60407836	45.97780552	3218.501969	0	1639.374895	0	0	0	0	0	1082084.173	680679.1681	841178.951	0	0
31	94.26329735	19.26893159	1085.35997	0	1072.661793	0	0	0	0	0	950353.5457	560154.1522	767723.3797	0	0
32	94.19613186	11.26084274	118.1203285	0	137.673903	0	0	0	0	0	398001.8007	359914.6067	169902.6463	0	0
33	94.44469254	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233207.6451	213265.3374	94359.42763	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEG&PLOSS -2 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	178.7352947	8836.348119	131235.8461	4504.429085	96827.21738	94.20617081	100	1	32	3919265.222	3846234.736	753072.5281	310951.9208	11	
2	99.75668256	81.36394955	3257.085405	0	3108.133328	0	94.20617081	100	1	32	3909728.966	3837398.388	748568.099	310951.9208	11	
3	98.83052931	68.58859897	21229.05697	0	19129.01464	0	94.20617081	100	1	32	1763264.55	1526230.89	-883018.202	310951.9208	11	
4	98.4394966	64.06742291	5042.543703	0	5890.971691	0	94.20617081	100	1	32	1480524.672	1425916.336	398391.6495	310951.9208	11	
5	98.071286	34.96774172	2600.407454	0	3438.230931	0	94.20617081	100	1	32	1377759.64	1330655.628	357179.5393	310951.9208	11	
6	97.14272422	30.34279187	2762.055054	0	1381.027527	0	94.20617081	100	1	32	744855.7885	662042.8422	341334.7633	310951.9208	11	
7	97.08473255	27.07122742	3227.477364	0	2539.329942	0	0	0	0	0	645952.8366	578598.235	287191.834	0	0	
8	97.19166622	23.77941968	918.7607086	0	1209.351014	0	0	0	0	0	576940.8738	518917.2465	252161.9779	0	0	
9	97.19610854	17.01079046	513.0476769	0	456.6211134	0	0	0	0	0	506809.1676	458731.1203	215456.0087	0	0	
10	97.24932335	14.18331035	450.3912124	0	328.9068883	0	0	0	0	0	362748.3254	337356.8453	133329.3159	0	0	
11	97.25535614	11.17506147	482.9186898	0	644.7657604	0	0	0	0	0	302472.2017	276296.2215	123084.649	0	0	
12	96.57664547	8.170464097	146.5972379	0	114.9546647	0	0	0	0	0	236655.3736	213071.351	102987.2092	0	0	
13	95.90084316	3.466471687	18.02463893	0	18.02463893	0	0	0	0	0	171815.9527	151253.1328	81505.89804	0	0	
14	95.64279839	26.6460796	2130.040675	0	1065.020337	0	0	0	0	0	72699.97557	60372.14496	40502.96978	0	0	
15	95.46982634	13.70308994	580.2237421	0	416.8597759	0	0	0	0	0	557819.6214	556265.6212	-41608.75796	0	0	
16	95.29447586	13.19092925	544.9699248	0	386.2813643	0	0	0	0	0	286339.0415	161925.4344	-236157.1519	0	0	
17	95.00326546	13.34211253	104.991458	0	34.71233352	0	0	0	0	0	274794.6399	102335.5752	-255028.4772	0	0	
18	94.90087023	10.50364814	236.452021	0	77.81336805	0	0	0	0	0	277644.5335	43595.79809	-274200.462	0	0	
19	99.68655099	123.8111229	22671.87817	0	11547.48196	0	0	0	0	0	229599.5688	203908.3006	105533.7243	0	0	
20	97.9928397	72.45313465	5763.90348	0	2935.496198	0	0	0	0	0	2660408.574	2176468.604	1529953.658	0	0	
21	97.54268192	65.87263678	4961.012249	0	2526.71865	0	0	0	0	0	1549694.905	1147693.704	1041322.937	0	0	
22	97.0407702	62.90724838	9723.139905	0	8393.479747	0	0	0	0	0	1401695.296	1024663.479	956459.3339	0	0	
23	98.47394998	48.21253609	3146.373674	0	2149.882544	0	0	0	0	0	1358364.681	961904.0535	959111.6714	0	0	
24	97.81054871	43.45245371	5086.583785	0	4016.588599	0	0	0	0	0	1034046.348	930742.0327	450523.1619	0	0	
25	97.47990679	21.76301259	1273.113992	0	996.1832807	0	0	0	0	0	928803.2873	838729.6412	399008.9415	0	0	
26	96.96555672	60.26915395	2212.113889	0	1126.761459	0	0	0	0	0	462733.3933	416483.9627	201651.4371	0	0	
27	96.73092652	57.48544265	2817.481597	0	1434.516492	0	0	0	0	0	1278364.717	880329.9256	926949.606	0	0	
28	95.68341583	54.72551424	9514.739824	0	8388.963714	0	0	0	0	0	1206115.459	810296.9676	893383.0779	0	0	
29	94.9334938	52.15678993	6563.069932	0	5717.591139	0	0	0	0	0	1139209.633	743922.8163	862773.1051	0	0	
30	94.61407384	45.97293089	3217.819546	0	1639.027296	0	0	0	0	0	1082083.886	680679.0221	841178.6999	0	0	
31	94.27332914	19.26687945	1085.1288	0	1072.433327	0	0	0	0	0	950353.9168	560154.12	767723.8625	0	0	
32	94.20617081	11.25964274	118.0951552	0	137.6445625	0	0	0	0	0	398001.8258	359914.6247	169902.667	0	0	
33	94.86798613	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234227.9004	214578.094	93909.26951	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEG&PLOSS -3 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	177.1091447	8676.291752	129463.8972	4422.838529	95070.23236	94.21261015	100	1	32	3883607.39	3844462.787	550011.1254	201304.4177	22	
2	99.76274794	86.33097097	3666.893982	0	3499.20066	0	94.21261015	100	1	32	3874393.452	3835786.495	545588.2869	201304.4177	22	
3	98.83665528	66.62746138	20032.4179	0	18050.75071	0	94.21261015	100	1	32	1871022.45	1524936.024	-1084110.29	201304.4177	22	
4	98.44564876	62.26678696	4763.082164	0	5564.489639	0	94.21261015	100	1	32	1438282.263	1424613.538	197818.4363	201304.4177	22	
5	98.07746299	31.83380535	2155.178987	0	2849.554612	0	94.21261015	100	1	32	1339121.592	1329856.914	157248.9269	201304.4177	22	
6	97.14896388	30.21779114	2739.344704	0	1369.672352	0	94.21261015	100	1	32	678142.6555	663190.5244	141618.4647	201304.4177	22	
7	97.35159327	26.95939647	3200.867091	0	2518.393385	0	0	0	0	0	645059.9993	577540.4064	287314.2559	0	0	
8	97.4582338	23.68102691	911.1732742	0	1199.363787	0	0	0	0	0	576133.376	517965.2169	252273.0685	0	0	
9	97.46266898	16.9401853	508.7975938	0	452.8384675	0	0	0	0	0	506096.3026	457890.8523	215567.7038	0	0	
10	97.51574029	14.12433702	446.6536008	0	326.1774252	0	0	0	0	0	362232.3319	336755.6188	133446.3019	0	0	
11	97.52175665	11.12851536	478.9041836	0	639.4058185	0	0	0	0	0	302039.6235	275788.953	123160.0078	0	0	
12	96.96677574	8.13640985	145.3777589	0	113.9984066	0	0	0	0	0	236621.6713	213045.9062	102962.4066	0	0	
13	96.29376907	3.452017704	17.87463934	0	17.87463934	0	0	0	0	0	171800.8609	151242.7316	81493.386	0	0	
14	96.03679443	26.57283985	2118.347454	0	1059.173727	0	0	0	0	0	72695.07734	60369.05214	40498.7878	0	0	
15	95.86454141	13.66560638	577.0537853	0	414.5823312	0	0	0	0	0	558586.3288	556992.0973	-42172.1509	0	0	
16	95.68992056	13.15488931	541.9960849	0	384.1734701	0	0	0	0	0	286740.7616	161934.117	-236638.133	0	0	
17	95.39992437	13.30566584	104.4186304	0	34.52294496	0	0	0	0	0	275188.0441	102249.4693	-255486.801	0	0	
18	95.29795594	10.47485548	235.1574706	0	77.3873479	0	0	0	0	0	278044.6422	43408.99672	-274635.18	0	0	
19	99.71270342	123.8030249	22668.91248	0	11545.97145	0	0	0	0	0	229030.2588	203147.2334	105764.1764	0	0	
20	98.19562686	72.44829226	5763.133046	0	2935.103825	0	0	0	0	0	2665739.676	2184071.95	1528397.113	0	0	
21	97.80828148	65.86820623	4960.344922	0	2526.37877	0	0	0	0	0	1553810.723	1153491.462	1041050.051	0	0	
22	97.42898841	62.90300505	9721.828225	0	8392.347442	0	0	0	0	0	1407208.219	1032099.614	956559.1237	0	0	
23	98.48009857	48.20947939	3145.974724	0	2149.609945	0	0	0	0	0	1358357.863	961898.3743	959107.7111	0	0	
24	97.81673945	43.44969426	5085.93776	0	4016.078469	0	0	0	0	0	1034046.233	930741.9373	450523.0945	0	0	
25	97.48611859	21.76162585	1272.951751	0	996.0563312	0	0	0	0	0	928803.487	838729.8025	399009.0674	0	0	
26	96.97180838	60.26508071	2211.814892	0	1126.609162	0	0	0	0	0	462733.7399	416484.4406	201651.2454	0	0	
27	96.73719412	57.4815495	2817.099987	0	1434.322196	0	0	0	0	0	1278361.145	880327.1628	926947.3033	0	0	
28	95.68975456	54.72180052	9513.448512	0	8387.82519	0	0	0	0	0	1206113.672	810295.5649	893381.9375	0	0	
29	94.93988351	52.15324693	6562.178306	0	5716.814376	0	0	0	0	0	1139208.997	743922.281	862772.7272	0	0	
30	94.6204853	45.96980467	3217.381929	0	1638.804391	0	0	0	0	0	1082083.702	680678.9285	841178.5389	0	0	
31	94.27976389	19.26556335	1084.980558	0	1072.28682	0	0	0	0	0	950354.1547	560154.0994	767724.1721	0	0	
32	94.21261015	11.25887316	118.0790123	0	137.6257474	0	0	0	0	0	398001.842	359914.6363	169902.6803	0	0	
33	95.26520896	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235192.5624	215791.0819	93540.10046	0	0	

## **Lampiran – 20**

**Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS**

**Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 1 & 2 FO - 1 ,2 & 3 Kapasitor Bank**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RIL-PENYULANG BASUKI RAHMAT -51 BUS																
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 1 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	276.9893661	4943.116462	10470.96371	2471.558231	5235.618992	99.85156367	100	1	43	9595193.104	9395470.964	1947525.63	3869709.989	11	
2	99.94432867	271.5732656	451.1412201	0	225.6812381	0	99.85156367	100	1	43	9589851.333	9390527.847	1945054.072	3869709.989	11	
3	99.93915643	267.2508909	289.4775757	0	144.6316533	0	99.85156367	100	1	43	9401849.976	9220076.706	1839828.391	3869709.989	11	
4	99.93578994	124.3075292	463.5708546	0	231.7854273	0	99.85156367	100	1	43	9251897.961	9083787.228	1755683.759	3869709.989	11	
5	99.93231146	7.23930354	0.388654137	0	0.194327068	0	99.85156367	100	1	43	4303224.365	3658743.224	2265245.671	3869709.989	11	
6	99.92242213	36.57498751	7.560848329	0	3.780424165	0	99.85156367	100	1	43	250582.2835	213010.9828	131976.5207	3869709.989	11	
7	99.91005907	34.39464282	33.38165287	0	16.69082643	0	0	0	0	0	1265855.186	1076037.742	666732.4277	0	0	
8	99.89373747	32.08556338	13.65712649	0	6.828563244	0	0	0	0	0	1190199.296	1011950.191	626523.0839	0	0	
9	99.8909745	151.6901457	196.2514397	0	98.16023472	0	0	0	0	0	1110264.727	943941.0066	584519.5798	0	0	
10	99.88408564	148.1157099	552.054463	0	276.0272315	0	0	0	0	0	5248609.835	5209028.017	-643375.719	0	0	
11	99.8811074	145.9135708	686.0524861	0	343.0581792	0	0	0	0	0	5124778.463	5072881.41	-727480.919	0	0	
12	99.87574662	141.5786041	896.1094676	0	448.0547338	0	0	0	0	0	5048313.858	4987635.101	-780364.601	0	0	
13	99.86552672	140.5238164	151.3603179	0	75.70977938	0	0	0	0	0	4897831.567	4817183.708	-885152.633	0	0	
14	99.8616422	135.2807403	373.8869515	0	186.9434758	0	0	0	0	0	4861152.692	4775010.283	-911088.519	0	0	
15	99.85889628	2.895012554	0.067208022	0	0.03359144	0	0	0	0	0	4679649.818	4561939.223	-1042992.3	0	0	
16	99.85481508	38.8996647	32.98438294	0	16.49219147	0	0	0	0	0	100140.5762	84976.14621	52982.91781	0	0	
17	99.85470395	2.18127286	0.012018585	0	0.006009292	0	0	0	0	0	1345566.014	1143742.189	708803.0077	0	0	
18	99.9186515	36.71840837	10.47988128	0	5.237918279	0	0	0	0	0	75500.04022	64008.1484	40040.1425	0	0	
19	99.92001957	32.0984193	22.10320872	0	11.0500589	0	0	0	0	0	1270945.656	1080187.881	669699.1881	0	0	
20	99.92313903	109.5747583	176.2813072	0	88.14065362	0	0	0	0	0	1111067.228	944198.0552	585628.224	0	0	
21	99.92380344	2.895100333	0.11247277	0	0.056248957	0	0	0	0	0	3792888.718	3336080.116	-1804598.1	0	0	
22	99.92123797	110.4378373	184.1917831	0	92.09589155	0	0	0	0	0	100210.2276	85011.1185	53058.45309	0	0	
23	99.91937566	107.5426002	341.9313718	0	170.983034	0	0	0	0	0	3822594.476	3249234.231	2013629.917	0	0	
24	99.91598949	14.4473106	2.303069261	0	1.15153463	0	0	0	0	0	3722255.234	3164106.83	1960513.198	0	0	
25	99.91402279	93.09528974	112.5028607	0	56.26443045	0	0	0	0	0	500039.23	425095.8357	263311.1505	0	0	
26	99.91131255	5.776084758	0.174255759	0	0.087077835	0	0	0	0	0	3222055.34	2738866.744	1697129.804	0	0	
27	99.90966131	87.31920817	74.59189338	0	37.30738366	0	0	0	0	0	199908.6872	170036.8189	105123.5628	0	0	
28	99.9092729	19.95191213	6.127626931	0	3.064410584	0	0	0	0	0	3022081.764	2568771.557	1591977.034	0	0	
29	99.90874209	67.36729989	85.54341748	0	42.76490121	0	0	0	0	0	690523.7771	587143.8189	363435.3074	0	0	
30	99.9086744	63.01884911	63.75248839	0	31.87028713	0	0	0	0	0	2331540.484	1981611.909	1228533.789	0	0	
31	99.90805711	4.348456626	0.150327146	0	0.075163573	0	0	0	0	0	2181029.823	1853564.134	1149430.767	0	0	
32	99.90754048	32.08556338	4.021162073	0	2.010581037	0	0	0	0	0	150495.6799	128034.1421	79096.19527	0	0	
33	99.90741414	80.49324627	64.24089812	0	32.13016781	0	0	0	0	0	1110447.449	943891.9027	584945.8211	0	0	
34	99.88401105	2.893936651	0.083036829	0	0.041530977	0	0	0	0	0	2785133.646	2368925.548	1464636.874	0	0	
35	99.88136031	77.59932699	44.96370199	0	22.47281851	0	0	0	0	0	100129.9713	84986.88463	52945.63802	0	0	
36	99.88044304	77.59932699	81.74397408	0	40.88101952	0	0	0	0	0	2684905.705	2283850.088	1411647.061	0	0	
37	99.87822986	57.65901319	35.27692529	0	17.64344949	0	0	0	0	0	2684846.213	2283796.621	1411620.409	0	0	
38	99.88134261	11.8585092	2.233816058	0	1.116697093	0	0	0	0	0	1994996.784	1696931.697	1049016.199	0	0	
39	99.88098256	4.34588035	0.167770343	0	0.083913502	0	0	0	0	0	410301.8958	348982.4042	215775.1777	0	0	
40	99.86501432	41.4546266	34.9540066	0	17.4770033	0	0	0	0	0	150342.4963	127971.1887	78906.53366	0	0	
41	99.86154524	36.83606249	18.92462153	0	9.460275423	0	0	0	0	0	1434042.137	1219746.806	754118.413	0	0	
42	99.85790904	5.773328339	0.786952468	0	0.393476234	0	0	0	0	0	1274225.5	1083736.985	670197.5619	0	0	
43	99.85156367	31.06273744	3.75440122	0	1.87575327	0	0	0	0	0	199697.0966	169945.9884	104867.9714	0	0	
44	99.91824869	9.966192519	1.061088904	0	0.530395464	0	0	0	0	0	1075165.109	914095.1989	566047.6819	0	0	
45	99.92363089	21.09655881	3.483522139	0	1.742428667	0	0	0	0	0	344975.38	293045.5404	182022.8669	0	0	
46	99.92114577	4.618686409	0.046589665	0	0.023294832	0	0	0	0	0	730229.9628	621085.3692	384042.6575	0	0	
47	99.91341734	16.47787318	0.347002949	0	0.173501475	0	0	0	0	0	159857.4617	136006.7677	84003.37615	0	0	
48	99.91389868	11.85918653	2.277529101	0	1.13876455	0	0	0	0	0	570318.7958	485030.3415	300015.1608	0	0	
49	99.90922315	7.240473112	1.16382281	0	0.581911405	0	0	0	0	0	410441.3478	349005.5805	216002.7888	0	0	
50	99.90893076	2.894334403	0.1137955	0	0.05689775	0	0	0	0	0	250588.9286	213003.2438	132001.6259	0	0	
51	99.90870966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1547	85001.16501	53000.58654	0	0	



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RIL-PENYULANG BASUKI RAHMAT -51 BUS																
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 2 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	271.2174922	4739.254618	10066.43947	2369.627309	5033.35399	99.85744492	100	1	43	9395249.528	9395066.439	58654.03637	1888669.329	24	
2	99.94940353	266.3063758	433.8120477	0	217.0124025	0	99.85744492	100	1	43	9390495.864	9390327.185	56284.40906	1888669.329	24	
3	99.94471355	262.402564	279.069743	0	139.4315889	0	99.85744492	100	1	43	9220023.222	9219893.373	-48932.6033	1888669.329	24	
4	99.94166623	106.2361861	338.583817	0	169.2919085	0	99.85744492	100	1	43	9084588.982	9083614.303	-133072.035	1888669.329	24	
5	99.93818795	7.238706628	0.388590047	0	0.194295023	0	99.85744492	100	1	43	3677854.675	3658527.12	376555.8688	1888669.329	24	
6	99.9282992	36.57197144	7.559601407	0	3.779800704	0	99.85744492	100	1	43	250576.359	212999.7055	131983.473	1888669.329	24	
7	99.91593687	34.39180653	33.37614759	0	16.68807379	0	0	0	0	0	1265825.266	1075980.772	666767.563	0	0	
8	99.89961623	32.0829175	13.65487416	0	6.82743708	0	0	0	0	0	1190171.186	1011896.647	626556.1648	0	0	
9	99.89685343	151.6812142	196.2283298	0	98.1486757	0	0	0	0	0	1110238.508	943891.0577	584550.4392	0	0	
10	99.88996497	148.1069887	551.989454	0	275.994727	0	0	0	0	0	5248609.72	5209027.896	-643375.759	0	0	
11	99.8869869	145.9049792	685.9716972	0	343.017781	0	0	0	0	0	5124778.364	5072881.307	-727480.946	0	0	
12	99.88162645	141.5702677	896.0039415	0	448.0019708	0	0	0	0	0	5048313.79	4987635.026	-780364.641	0	0	
13	99.87140714	140.5155421	151.3424937	0	75.70086376	0	0	0	0	0	4897831.557	4817183.686	-885152.699	0	0	
14	99.86752286	135.2727746	373.8429222	0	186.9214611	0	0	0	0	0	4861152.704	4775010.282	-911088.592	0	0	
15	99.8647771	2.894842158	0.067200111	0	0.033587485	0	0	0	0	0	4679649.844	4561939.23	-1042992.39	0	0	
16	99.86069613	38.89737489	32.98049984	0	16.49024992	0	0	0	0	0	100140.5797	84976.14902	52982.91982	0	0	
17	99.86058501	2.181144467	0.01201717	0	0.006008585	0	0	0	0	0	1345566.052	1143742.219	708803.0308	0	0	
18	99.92689173	36.71624695	10.47864753	0	5.23730164	0	0	0	0	0	75501.82226	64011.554	40038.05839	0	0	
19	99.92825968	32.09652983	22.10060659	0	11.04875801	0	0	0	0	0	1270975.647	1080245.062	669663.872	0	0	
20	99.93137889	109.5683067	176.2605493	0	88.13027467	0	0	0	0	0	1111093.44	944248.0437	585597.357	0	0	
21	99.93204325	2.894929923	0.11245953	0	0.056242336	0	0	0	0	0	3792978.143	3336073.312	-1804798.62	0	0	
22	99.93025907	110.4313334	184.1700891	0	92.08504454	0	0	0	0	0	100213.3757	85017.12934	53054.7678	0	0	
23	99.92898474	107.5362668	341.8910988	0	170.9628955	0	0	0	0	0	3822736.949	3249505.791	2013462.166	0	0	
24	99.92666822	14.44645993	2.302798057	0	1.151399028	0	0	0	0	0	3722433.823	3164447.075	1960303.108	0	0	
25	99.92470172	93.08980699	112.4896096	0	56.25780338	0	0	0	0	0	500063.2291	425141.5466	263282.9247	0	0	
26	99.92199178	5.775744635	0.174235238	0	0.08706758	0	0	0	0	0	3222209.956	2739161.295	1696947.966	0	0	
27	99.92034071	87.31406555	74.58310753	0	37.30298939	0	0	0	0	0	199918.2828	170055.0848	105112.2634	0	0	
28	99.91995234	19.95073718	6.126905253	0	3.064049674	0	0	0	0	0	3022226.795	2569047.849	1591806.506	0	0	
29	99.91942159	67.36333221	85.53334141	0	42.75986398	0	0	0	0	0	690556.9204	587206.9326	363396.3107	0	0	
30	99.9193539	63.01513753	63.74497903	0	31.86653315	0	0	0	0	0	2331652.375	1981825.089	1228402.261	0	0	
31	99.91873668	4.348200533	0.150309441	0	0.07515472	0	0	0	0	0	2181134.493	1853763.569	1149307.752	0	0	
32	99.9182201	32.0829175	4.020498904	0	2.010249452	0	0	0	0	0	150502.9031	128047.8897	79087.68401	0	0	
33	99.91809378	69.52074818	47.92052785	0	23.96751363	0	0	0	0	0	1110474.57	943943.4972	584914.0493	0	0	
34	99.88989039	2.893675403	0.083021838	0	0.041523479	0	0	0	0	0	2405617.625	2368103.309	-423181.843	0	0	
35	99.8872398	67.40015733	33.92094728	0	16.95365947	0	0	0	0	0	100126.8257	84980.88183	52949.32436	0	0	
36	99.88632258	67.40015733	61.6682549	0	30.84094162	0	0	0	0	0	2332155.787	2283040.051	-476107.911	0	0	
37	99.88410954	57.65285071	35.26938503	0	17.63967829	0	0	0	0	0	2332104.117	2282990.433	-476092.737	0	0	
38	99.8872221	11.85724186	2.233338622	0	1.11645842	0	0	0	0	0	1994900.985	1696749.379	1049128.916	0	0	
39	99.88686207	4.345415906	0.167734486	0	0.083895567	0	0	0	0	0	410282.1964	348944.9075	215798.3599	0	0	
40	99.87089478	41.4501959	34.94653517	0	17.47326758	0	0	0	0	0	150335.281	127957.4623	78915.04634	0	0	
41	99.8674259	36.83212539	18.92057636	0	9.458253272	0	0	0	0	0	1433973.305	1219615.771	754199.4493	0	0	
42	99.86378992	5.772711286	0.786784258	0	0.393392129	0	0	0	0	0	1274164.343	1083620.549	670269.5561	0	0	
43	99.85744492	31.0594174	3.753598709	0	1.875352323	0	0	0	0	0	199687.5138	169927.7531	104879.2729	0	0	
44	99.92648895	9.965127326	1.060862096	0	0.530282092	0	0	0	0	0	1075138.852	914045.256	566078.4591	0	0	
45	99.93187071	21.09430396	3.482777525	0	1.742056217	0	0	0	0	0	344966.9529	293029.5	182032.7188	0	0	
46	99.93016687	4.618192759	0.046579706	0	0.023289853	0	0	0	0	0	730217.8338	621062.3151	384056.8781	0	0	
47	99.92409634	16.47611198	0.346928776	0	0.173464388	0	0	0	0	0	159857.4601	136006.7663	84003.37543	0	0	
48	99.92457763	11.85791898	2.277042267	0	1.138521133	0	0	0	0	0	570318.7886	485030.335	300015.1575	0	0	
49	99.91990259	7.239699223	1.163574036	0	0.581787018	0	0	0	0	0	410441.3465	349005.5793	216002.7882	0	0	
50	99.91961024	2.894025045	0.113771175	0	0.056885587	0	0	0	0	0	250588.9278	213003.2431	132001.6256	0	0	
51	99.91938916	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1544	85001.16477	53000.58641	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RILI-PENYULANG BASUKI RAHMAT -51 BUS																
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN - 3 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	271.6909516	4755.815519	10281.7243	2377.907759	5141.001266	99.86327913	100	1	43	9411650.641	9395281.724	-554841.5206	613603.2043	11	
2	99.95105018	266.9899433	436.0419637	0	218.1279073	0	99.86327913	100	1	43	9407043.655	9390525.909	-557219.4284	613603.2043	11	
3	99.9465167	263.2596858	280.8958489	0	140.3439659	0	99.86327913	100	1	43	9243856.374	9220089.867	-662437.5563	613603.2043	11	
4	99.94357295	106.2341586	338.5708934	0	169.2854467	0	99.86327913	100	1	43	9114437.118	9083808.971	-746577.9003	613603.2043	11	
5	99.94031284	7.2385685	0.388575217	0	0.194287609	0	99.86327913	100	1	43	3677862.68	3658536.728	376540.708	613603.2043	11	
6	99.93106766	36.57127352	7.55931288	0	3.77965644	0	99.86327913	100	1	43	250578.5195	213003.8184	131980.9373	613603.2043	11	
7	99.91952978	34.3911502	33.37487371	0	16.68743686	0	0	0	0	0	1265846.627	1076021.427	666742.507	0	0	
8	99.90435336	32.08230524	13.65435299	0	6.827176494	0	0	0	0	0	1190204.909	1011960.802	626516.6088	0	0	
9	99.90178688	154.8513158	204.5162939	0	102.2941154	0	0	0	0	0	1110272.149	943955.0566	584510.9889	0	0	
10	99.89542155	151.6358026	578.6063363	0	289.3031682	0	0	0	0	0	5358597.126	5209085.07	-1256978.876	0	0	
11	99.89281939	149.6672377	721.8042885	0	360.9357447	0	0	0	0	0	5247188.285	5072911.241	-1341102.699	0	0	
12	99.88745924	145.8141178	950.5281059	0	475.264053	0	0	0	0	0	5178790.383	4987662.131	-1393949.891	0	0	
13	99.87724054	144.8823525	160.8952184	0	80.47909555	0	0	0	0	0	5044948.445	4817208.034	-1498669.933	0	0	
14	99.87335648	140.2867607	402.0700657	0	201.0350329	0	0	0	0	0	5012515.838	4775035.787	-1524581.34	0	0	
15	99.87061088	2.894684034	0.06719277	0	0.033583816	0	0	0	0	0	4853388.05	4561961.986	-1656465.637	0	0	
16	99.86653015	38.89524997	32.97689657	0	16.48844829	0	0	0	0	0	100140.9597	84976.87005	52982.48178	0	0	
17	99.86641903	2.181025321	0.012015857	0	0.006007929	0	0	0	0	0	1345571.151	1143751.884	708797.1151	0	0	
18	99.92879874	36.71424118	10.47750269	0	5.23672944	0	0	0	0	0	75499.13871	64006.43529	40041.18115	0	0	
19	99.93016667	32.09477642	22.09819197	0	11.04755087	0	0	0	0	0	1270930.468	1080159.103	669716.7826	0	0	
20	99.93328581	119.0311308	208.0205969	0	104.0102985	0	0	0	0	0	1111053.943	944172.8874	585643.5971	0	0	
21	99.93395016	2.894760895	0.112446398	0	0.056235768	0	0	0	0	0	4120635.851	3336369.417	-2418321.511	0	0	
22	99.93216602	110.4248823	184.1485724	0	92.07428618	0	0	0	0	0	100209.4367	85009.62071	53059.35915	0	0	
23	99.93089171	107.5299847	341.851155	0	170.9429215	0	0	0	0	0	3822586.581	3249219.827	2013638.172	0	0	
24	99.92857523	14.44561617	2.302529069	0	1.151264535	0	0	0	0	0	3722287.402	3164168.631	1960474.529	0	0	
25	99.92660878	93.08436873	112.4764668	0	56.25123046	0	0	0	0	0	500043.5653	425104.1498	263305.9609	0	0	
26	99.92389888	5.775407272	0.174214884	0	0.087057409	0	0	0	0	0	3222083.212	2738920.265	1697096.345	0	0	
27	99.92224785	87.30896465	74.57439348	0	37.29863102	0	0	0	0	0	199910.421	170040.1415	105121.4855	0	0	
28	99.92185949	19.94957177	6.126189473	0	3.063691715	0	0	0	0	0	3022107.917	2568821.769	1591945.66	0	0	
29	99.92132874	67.35939673	85.52334769	0	42.75486791	0	0	0	0	0	690529.7616	587155.2959	363428.1363	0	0	
30	99.92126106	63.01145606	63.73753103	0	31.86280985	0	0	0	0	0	2331560.657	1981650.648	1228509.588	0	0	
31	99.92064384	4.347946519	0.15029188	0	0.07514594	0	0	0	0	0	2181048.696	1853600.377	1149408.133	0	0	
32	99.92012728	32.08230524	4.020345453	0	2.010172726	0	0	0	0	0	150496.9835	128036.6415	79094.62987	0	0	
33	99.92000096	69.51942136	47.91869872	0	23.96659879	0	0	0	0	0	1110474.574	943943.4993	584914.0526	0	0	
34	99.89534696	2.893620185	0.08301867	0	0.041521894	0	0	0	0	0	2405703.119	2368157.409	-423365.0754	0	0	
35	99.89269652	67.39887098	33.91965251	0	16.95301235	0	0	0	0	0	100130.3848	84987.66291	52945.17073	0	0	
36	99.89177935	67.39887098	61.66590102	0	30.83976442	0	0	0	0	0	2332238.68	2283087.376	-476286.9863	0	0	
37	99.88956643	57.65175035	35.26803874	0	17.63900496	0	0	0	0	0	2332187.013	2283037.763	-476271.8101	0	0	
38	99.89267882	11.85701557	2.233253378	0	1.116415806	0	0	0	0	0	1994971.887	1696884.194	1049045.692	0	0	
39	99.89269456	4.345332975	0.167728084	0	0.083892365	0	0	0	0	0	410298.3225	348975.5712	215779.4341	0	0	
40	99.8767282	41.44940476	34.94520116	0	17.47260058	0	0	0	0	0	150341.1928	127968.6921	78908.09899	0	0	
41	99.87325952	36.83142239	18.91985411	0	9.457892223	0	0	0	0	0	1434029.697	1219722.968	754133.3123	0	0	
42	99.86962376	5.772601105	0.786754224	0	0.393377112	0	0	0	0	0	1274214.456	1083715.812	670210.8028	0	0	
43	99.86327913	31.05882458	3.753455423	0	1.875280735	0	0	0	0	0	199695.3691	169942.675	104870.0512	0	0	
44	99.92839597	9.964937126	1.0608216	0	0.53026185	0	0	0	0	0	1075138.849	914045.2543	566078.4561	0	0	
45	99.93377762	21.09390134	3.482644576	0	1.741989717	0	0	0	0	0	344966.9512	293029.4988	182032.7176	0	0	
46	99.93207382	4.618104613	0.046577928	0	0.023288964	0	0	0	0	0	730217.8307	621062.3127	384056.8759	0	0	
47	99.9260034	16.4757975	0.346915533	0	0.173457766	0	0	0	0	0	159857.4598	136006.766	84003.3753	0	0	
48	99.92648468	11.85769265	2.276955344	0	1.138477672	0	0	0	0	0	570318.7873	485030.3338	300015.1569	0	0	
49	99.92180974	7.239561039	1.163529618	0	0.581764809	0	0	0	0	0	410441.3462	349005.5791	216002.7881	0	0	
50	99.92151738	2.893969807	0.113766832	0	0.056883416	0	0	0	0	0	250588.9277	213003.243	132001.6255	0	0	
51	99.92129632	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1543	85001.16472	53000.58639	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RIIL-PENYULANG BASUKI RAHMAT -51 BUS																
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS - 1 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	276.9893661	4943.116462	10470.96371	2471.558231	5235.618992	99.85156367	100	1	43	9595193.104	9395470.964	1947525.63	3869709.989	11	
2	99.94432867	271.5732656	451.1412201	0	225.6812381	0	99.85156367	100	1	43	9589851.333	9390527.847	1945054.072	3869709.989	11	
3	99.93915643	267.2508909	289.4775757	0	144.6316533	0	99.85156367	100	1	43	9401849.976	9220076.706	1839828.391	3869709.989	11	
4	99.93578994	124.3075292	463.5708546	0	231.7854273	0	99.85156367	100	1	43	9251897.961	9083787.228	1755683.759	3869709.989	11	
5	99.93231146	7.23930354	0.388654137	0	0.194327068	0	99.85156367	100	1	43	4303224.365	3658743.224	2265245.671	3869709.989	11	
6	99.92242213	36.57498751	7.560848329	0	3.780424165	0	99.85156367	100	1	43	250582.2835	213010.9828	131976.5207	3869709.989	11	
7	99.91005907	34.39464282	33.38165287	0	16.69082643	0	0	0	0	0	1265855.186	1076037.742	666732.4277	0	0	
8	99.89373747	32.08556338	13.65712649	0	6.828563244	0	0	0	0	0	1190199.296	1011950.191	626523.0839	0	0	
9	99.8909745	151.6901457	196.2514397	0	98.16023472	0	0	0	0	0	1110264.727	943941.0066	584519.5798	0	0	
10	99.88408564	148.1157099	552.054463	0	276.0272315	0	0	0	0	0	5248609.835	5209028.017	-643375.7192	0	0	
11	99.8811074	145.9135708	686.0524861	0	343.0581792	0	0	0	0	0	5124778.463	5072881.41	-727480.9195	0	0	
12	99.87574662	141.5786041	896.1094676	0	448.0547338	0	0	0	0	0	5048313.858	4987635.101	-780364.6008	0	0	
13	99.86552672	140.5238164	151.3603179	0	75.70977938	0	0	0	0	0	4897831.567	4817183.708	-885152.6332	0	0	
14	99.8616422	135.2807403	373.8869515	0	186.9434758	0	0	0	0	0	4861152.692	4775010.283	-911088.519	0	0	
15	99.85889628	2.895012554	0.067208022	0	0.03359144	0	0	0	0	0	4679649.818	4561939.223	-1042992.303	0	0	
16	99.85481508	38.8996647	32.98438294	0	16.49219147	0	0	0	0	0	100140.5762	84976.14621	52982.91781	0	0	
17	99.85470395	2.18127286	0.012018585	0	0.006009292	0	0	0	0	0	1345566.014	1143742.189	708803.0077	0	0	
18	99.9186515	36.71840837	10.47988128	0	5.237918279	0	0	0	0	0	75500.04022	64008.1484	40040.1425	0	0	
19	99.92001957	32.0984193	22.10320872	0	11.0500589	0	0	0	0	0	1270945.656	1080187.881	669699.1881	0	0	
20	99.92313903	109.5747583	176.2813072	0	88.14065362	0	0	0	0	0	1111067.228	944198.0552	585628.224	0	0	
21	99.92380344	2.895100333	0.11247277	0	0.056248957	0	0	0	0	0	3792888.718	3336080.116	-1804598.096	0	0	
22	99.92123797	110.4378373	184.1917831	0	92.09589155	0	0	0	0	0	100210.2276	85011.1185	53058.45309	0	0	
23	99.91937566	107.5426002	341.9313718	0	170.983034	0	0	0	0	0	3822594.476	3249234.231	2013629.917	0	0	
24	99.91598949	14.4473106	2.303069261	0	1.15153463	0	0	0	0	0	3722255.234	3164106.83	1960513.198	0	0	
25	99.91402279	93.09528974	112.5028607	0	56.26443045	0	0	0	0	0	500039.23	425095.8357	263311.1505	0	0	
26	99.91131255	5.776084758	0.174255759	0	0.087077835	0	0	0	0	0	3222055.34	2738866.744	1697129.804	0	0	
27	99.90966131	87.31920817	74.59189338	0	37.30738366	0	0	0	0	0	199908.6872	170036.8189	105123.5628	0	0	
28	99.9092729	19.95191213	6.127626931	0	3.064410584	0	0	0	0	0	3022081.764	2568771.557	1591977.034	0	0	
29	99.90874209	67.36729989	85.54341748	0	42.76490121	0	0	0	0	0	690523.7771	587143.8189	363435.3074	0	0	
30	99.9086744	63.01884911	63.75248839	0	31.87028713	0	0	0	0	0	2331540.484	1981611.909	1228533.789	0	0	
31	99.90805711	4.348456626	0.150327146	0	0.075163573	0	0	0	0	0	2181029.823	1853564.134	1149430.767	0	0	
32	99.90754048	32.08556338	4.021162073	0	2.010581037	0	0	0	0	0	150495.6799	128034.1421	79096.19527	0	0	
33	99.90741414	80.49324627	64.24089812	0	32.13016781	0	0	0	0	0	1110447.449	943891.9027	584945.8211	0	0	
34	99.88401105	2.893936651	0.083036829	0	0.041530977	0	0	0	0	0	2785133.646	2368925.548	1464636.874	0	0	
35	99.88136031	77.59932699	44.96370199	0	22.47281851	0	0	0	0	0	100129.9713	84986.88463	52945.63802	0	0	
36	99.88044304	77.59932699	81.74397408	0	40.88101952	0	0	0	0	0	2684905.705	2283850.088	1411647.061	0	0	
37	99.87822986	57.65901319	35.27692529	0	17.64344949	0	0	0	0	0	2684846.213	2283796.621	1411620.409	0	0	
38	99.88134261	11.8585802	2.233816058	0	1.116697093	0	0	0	0	0	1994996.784	1696931.697	1049016.199	0	0	
39	99.88098256	4.34588035	0.167770343	0	0.083913502	0	0	0	0	0	410301.8958	348982.4042	215775.1777	0	0	
40	99.86501432	41.4546266	34.9540066	0	17.4770033	0	0	0	0	0	150342.4963	127971.1887	78906.53366	0	0	
41	99.86154524	36.83606249	18.92462153	0	9.460275423	0	0	0	0	0	1434042.137	1219746.806	754118.413	0	0	
42	99.85790904	5.773328339	0.786952468	0	0.393476234	0	0	0	0	0	1274225.5	1083736.985	670197.5619	0	0	
43	99.85156367	31.06273744	3.75440122	0	1.87575327	0	0	0	0	0	199697.0966	169945.9884	104867.9714	0	0	
44	99.91824869	9.966192519	1.061088904	0	0.530395464	0	0	0	0	0	1075165.109	914095.1989	566047.6819	0	0	
45	99.92363089	21.09655881	3.483522139	0	1.742428667	0	0	0	0	0	344975.38	293045.5404	182022.8669	0	0	
46	99.92114577	4.618686409	0.046589665	0	0.023294832	0	0	0	0	0	730229.9628	621085.3692	384042.6575	0	0	
47	99.91341734	16.47787318	0.347002949	0	0.173501475	0	0	0	0	0	159857.4617	136006.7677	84003.37615	0	0	
48	99.91389868	11.85918653	2.277529101	0	1.13876455	0	0	0	0	0	570318.7958	485030.3415	300015.1608	0	0	
49	99.90922315	7.240473112	1.16382281	0	0.581911405	0	0	0	0	0	410441.3478	349005.5805	216002.7888	0	0	
50	99.90893076	2.894334403	0.1137955	0	0.05689775	0	0	0	0	0	250588.9286	213003.2438	132001.6259	0	0	
51	99.90870966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1547	85001.16501	53000.58654	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RIIL-PENYULANG BASUKI RAHMAT -51 BUS																
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS - 2 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	271.2174922	4739.254618	10066.43947	2369.627309	5033.35399	99.85744492	100	1	43	9395249.528	9395066.439	58654.03637	1888669.329	24	
2	99.94940353	266.3063758	433.8120477	0	217.0124025	0	99.85744492	100	1	43	9390495.864	9390327.185	56284.40906	1888669.329	24	
3	99.94471355	262.402564	279.069743	0	139.4315889	0	99.85744492	100	1	43	9220023.222	9219893.373	-48932.60334	1888669.329	24	
4	99.94166623	106.2361861	338.583817	0	169.2919085	0	99.85744492	100	1	43	9084588.982	9083614.303	-133072.0349	1888669.329	24	
5	99.93818795	7.238706628	0.388590047	0	0.194295023	0	99.85744492	100	1	43	3677854.675	3658527.12	376555.8688	1888669.329	24	
6	99.9282992	36.57197144	7.559601407	0	3.779800704	0	99.85744492	100	1	43	250576.359	212999.7055	131983.473	1888669.329	24	
7	99.91593687	34.39180653	33.37614759	0	16.68807379	0	0	0	0	0	1265825.266	1075980.772	666767.563	0	0	
8	99.89961623	32.0829175	13.65487416	0	6.82743708	0	0	0	0	0	1190171.186	1011896.647	626556.1648	0	0	
9	99.89685343	151.6812142	196.2283298	0	98.1486757	0	0	0	0	0	1110238.508	943891.0577	584550.4392	0	0	
10	99.88996497	148.1069887	551.989454	0	275.994727	0	0	0	0	0	5248609.72	5209027.896	-643375.7586	0	0	
11	99.8869869	145.9049792	685.9716972	0	343.017781	0	0	0	0	0	5124778.364	5072881.307	-727480.9465	0	0	
12	99.88162645	141.5702677	896.0039415	0	448.0019708	0	0	0	0	0	5048313.79	4987635.026	-780364.6415	0	0	
13	99.87140714	140.5155421	151.3424937	0	75.70086376	0	0	0	0	0	4897831.557	4817183.686	-885152.6988	0	0	
14	99.86752286	135.2727746	373.8429222	0	186.9214611	0	0	0	0	0	4861152.704	4775010.282	-911088.5922	0	0	
15	99.8647771	2.894842158	0.067200111	0	0.033587485	0	0	0	0	0	4679649.844	4561939.23	-1042992.388	0	0	
16	99.86069613	38.89737489	32.98049984	0	16.49024992	0	0	0	0	0	100140.5797	84976.14902	52982.91982	0	0	
17	99.86058501	2.181144467	0.01201717	0	0.006008585	0	0	0	0	0	1345566.052	1143742.219	708803.0308	0	0	
18	99.92689173	36.71624695	10.47864753	0	5.23730164	0	0	0	0	0	75501.82226	64011.554	40038.05839	0	0	
19	99.92825968	32.09652983	22.10060659	0	11.04875801	0	0	0	0	0	1270975.647	1080245.062	669663.872	0	0	
20	99.93137889	109.5683067	176.2605493	0	88.13027467	0	0	0	0	0	1111093.44	944248.0437	585597.357	0	0	
21	99.93204325	2.894929923	0.11245953	0	0.056242336	0	0	0	0	0	3792978.143	3336073.312	-1804798.616	0	0	
22	99.93025907	110.4313334	184.1700891	0	92.08504454	0	0	0	0	0	100213.3757	85017.12934	53054.7678	0	0	
23	99.92898474	107.5362668	341.8910988	0	170.9628955	0	0	0	0	0	3822736.949	3249505.791	2013462.166	0	0	
24	99.92666822	14.44645993	2.302798057	0	1.151399028	0	0	0	0	0	3722433.823	3164447.075	1960303.108	0	0	
25	99.92470172	93.08980699	112.4896096	0	56.25780338	0	0	0	0	0	500063.2291	425141.5466	263282.9247	0	0	
26	99.92199178	5.775744635	0.174235238	0	0.08706758	0	0	0	0	0	3222209.956	2739161.295	1696947.966	0	0	
27	99.92034071	87.31406555	74.58310753	0	37.30298939	0	0	0	0	0	199918.2828	170055.0848	105112.2634	0	0	
28	99.91995234	19.95073718	6.126905253	0	3.064049674	0	0	0	0	0	3022226.795	2569047.849	1591806.506	0	0	
29	99.91942159	67.36333221	85.5334141	0	42.75986398	0	0	0	0	0	690556.9204	587206.9326	363396.3107	0	0	
30	99.9193539	63.01513753	63.74497903	0	31.86653315	0	0	0	0	0	2331652.375	1981825.089	1228402.261	0	0	
31	99.91873668	4.348200533	0.150309441	0	0.07515472	0	0	0	0	0	2181134.493	1853763.569	1149307.752	0	0	
32	99.9182201	32.0829175	4.020498904	0	2.010249452	0	0	0	0	0	150502.9031	128047.8897	79087.68401	0	0	
33	99.91809378	69.52074818	47.92052785	0	23.96751363	0	0	0	0	0	1110474.57	943943.4972	584914.0493	0	0	
34	99.88989039	2.893675403	0.083021838	0	0.041523479	0	0	0	0	0	2405617.625	2368103.309	-423181.8425	0	0	
35	99.8872398	67.40015733	33.92094728	0	16.95365947	0	0	0	0	0	100126.8257	84980.88183	52949.32436	0	0	
36	99.88632258	67.40015733	61.6682549	0	30.84094162	0	0	0	0	0	2332155.787	2283040.051	-476107.9111	0	0	
37	99.88410954	57.65285071	35.26938503	0	17.63967829	0	0	0	0	0	2332104.117	2282990.433	-476092.7374	0	0	
38	99.8872221	11.85724186	2.233338622	0	1.11645842	0	0	0	0	0	1994900.985	1696749.379	1049128.916	0	0	
39	99.88686207	4.345415906	0.167734486	0	0.083895567	0	0	0	0	0	410282.1964	348944.9075	215798.3599	0	0	
40	99.87089478	41.4501959	34.94653517	0	17.47326758	0	0	0	0	0	150335.281	127957.4623	78915.04634	0	0	
41	99.8674259	36.83212539	18.92057636	0	9.458253272	0	0	0	0	0	1433973.305	1219615.771	754199.4493	0	0	
42	99.86378992	5.772711286	0.786784258	0	0.393392129	0	0	0	0	0	1274164.343	1083620.549	670269.5561	0	0	
43	99.85744492	31.0594174	3.753598709	0	1.875352323	0	0	0	0	0	199687.5138	169927.7531	104879.2729	0	0	
44	99.92648895	9.965127326	1.060862096	0	0.530282092	0	0	0	0	0	1075138.852	914045.256	566078.4591	0	0	
45	99.93187071	21.09430396	3.482777525	0	1.742056217	0	0	0	0	0	344966.9529	293029.5	182032.7188	0	0	
46	99.93016687	4.618192759	0.046579706	0	0.023289853	0	0	0	0	0	730217.8338	621062.3151	384056.8781	0	0	
47	99.92409634	16.47611198	0.346928776	0	0.173464388	0	0	0	0	0	159857.4601	136006.7663	84003.37543	0	0	
48	99.92457763	11.85791898	2.277042267	0	1.138521133	0	0	0	0	0	570318.7886	485030.335	300015.1575	0	0	
49	99.91990259	7.239699223	1.163574036	0	0.581787018	0	0	0	0	0	410441.3465	349005.5793	216002.7882	0	0	
50	99.91961024	2.894025045	0.113771175	0	0.056885587	0	0	0	0	0	250588.9278	213003.2431	132001.6256	0	0	
51	99.91938916	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1544	85001.16477	53000.58641	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK																
JARINGAN RIL-PENYULANG BASUKI RAHMAT -51 BUS																
ADVANCED- OPF- 2 FO-DEV TEGANGAN&PLOSS - 3 UNIT KAPASITOR BANK																
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	271.6909516	4755.815519	10281.7243	2377.907759	5141.001266	99.86327913	100	1	43	9411650.641	9395281.724	-554841.5206	613603.2043	11	
2	99.95105018	266.9899433	436.0419637		0 218.1279073		99.86327913	100	1	43	9407043.655	9390525.909	-557219.4284	613603.2043	11	
3	99.9465167	263.2596858	280.8958489	0	140.3439659	0	99.86327913	100	1	43	9243856.374	9220089.867	-662437.5563	613603.2043	11	
4	99.94357295	106.2341586	338.5708934	0	169.2854467	0	99.86327913	100	1	43	9114437.118	9083808.971	-746577.9003	613603.2043	11	
5	99.94031284	7.2385685	0.388575217	0	0.194287609	0	99.86327913	100	1	43	3677862.68	3658536.728	376540.708	613603.2043	11	
6	99.93106766	36.57127352	7.55931288	0	3.77965644	0	99.86327913	100	1	43	250578.5195	213003.8184	131980.9373	613603.2043	11	
7	99.91952978	34.3911502	33.37487371	0	16.68743686	0	0	0	0	0	1265846.627	1076021.427	666742.507	0	0	
8	99.90435336	32.08230524	13.65435299	0	6.827176494	0	0	0	0	0	1190204.909	1011960.802	626516.6088	0	0	
9	99.90178688	154.8513158	204.5162939	0	102.2941154	0	0	0	0	0	1110272.149	943955.0566	584510.9889	0	0	
10	99.89542155	151.6358026	578.6063363	0	289.3031682	0	0	0	0	0	5358597.126	5209085.07	-1256978.876	0	0	
11	99.89281939	149.6672377	721.8042885	0	360.9357447	0	0	0	0	0	5247188.285	5072911.241	-1341102.699	0	0	
12	99.88745924	145.8141178	950.5281059	0	475.264053	0	0	0	0	0	5178790.383	4987662.131	-1393949.891	0	0	
13	99.87724054	144.8823525	160.8952184	0	80.47909555	0	0	0	0	0	5044948.445	4817208.034	-1498669.933	0	0	
14	99.87335648	140.2867607	402.0700657	0	201.0350329	0	0	0	0	0	5012515.838	4775035.787	-1524581.34	0	0	
15	99.87061088	2.894684034	0.06719277	0	0.033583816	0	0	0	0	0	4853388.05	4561961.986	-1656465.637	0	0	
16	99.86653015	38.89524997	32.97689657	0	16.48844829	0	0	0	0	0	100140.9597	84976.87005	52982.48178	0	0	
17	99.86641903	2.181025321	0.012015857	0	0.006007929	0	0	0	0	0	1345571.151	1143751.884	708797.1151	0	0	
18	99.92879874	36.71424118	10.47750269	0	5.23672944	0	0	0	0	0	75499.13871	64006.43529	40041.18115	0	0	
19	99.93016667	32.09477642	22.09819197	0	11.04755087	0	0	0	0	0	1270930.468	1080159.103	669716.7826	0	0	
20	99.93328581	119.0311308	208.0205969	0	104.0102985	0	0	0	0	0	1111053.943	944172.8874	585643.5971	0	0	
21	99.93395016	2.894760895	0.112446398	0	0.056235768	0	0	0	0	0	4120635.851	3336369.417	-2418321.511	0	0	
22	99.93216602	110.4248823	184.1485724	0	92.07428618	0	0	0	0	0	100209.4367	85009.62071	53059.35915	0	0	
23	99.93089171	107.5299847	341.851155	0	170.9429215	0	0	0	0	0	3822586.581	3249219.827	2013638.172	0	0	
24	99.92857523	14.44561617	2.302529069	0	1.151264535	0	0	0	0	0	3722287.402	3164168.631	1960474.529	0	0	
25	99.92660878	93.08436873	112.4764668	0	56.25123046	0	0	0	0	0	500043.5653	425104.1498	263305.9609	0	0	
26	99.92389888	5.775407272	0.174214884	0	0.087057409	0	0	0	0	0	3222083.212	2738920.265	1697096.345	0	0	
27	99.92224785	87.30896465	74.57439348	0	37.29863102	0	0	0	0	0	199910.421	170040.1415	105121.4855	0	0	
28	99.92185949	19.94957177	6.126189473	0	3.063691715	0	0	0	0	0	3022107.917	2568821.769	1591945.66	0	0	
29	99.92132874	67.35939673	85.52334769	0	42.75486791	0	0	0	0	0	690529.7616	587155.2959	363428.1363	0	0	
30	99.92126106	63.01145606	63.73753103	0	31.86280985	0	0	0	0	0	2331560.657	1981650.648	1228509.588	0	0	
31	99.92064384	4.347946519	0.15029188	0	0.07514594	0	0	0	0	0	2181048.696	1853600.377	1149408.133	0	0	
32	99.92012728	32.08230524	4.020345453	0	2.010172726	0	0	0	0	0	150496.9835	128036.6415	79094.62987	0	0	
33	99.92000096	69.51942136	47.91869872	0	23.96659879	0	0	0	0	0	1110474.574	943943.4993	584914.0526	0	0	
34	99.89534696	2.893620185	0.08301867	0	0.041521894	0	0	0	0	0	2405703.119	2368157.409	-423365.0754	0	0	
35	99.89269652	67.39887098	33.91965251	0	16.95301235	0	0	0	0	0	100130.3848	84987.66291	52945.17073	0	0	
36	99.89177935	67.39887098	61.66590102	0	30.83976442	0	0	0	0	0	2332238.68	2283087.376	-476286.9863	0	0	
37	99.88956643	57.65175035	35.26803874	0	17.63900496	0	0	0	0	0	2332187.013	2283037.763	-476271.8101	0	0	
38	99.89267882	11.85701557	2.233253378	0	1.116415806	0	0	0	0	0	1994971.887	1696884.194	1049045.692	0	0	
39	99.89269456	4.345332975	0.167728084	0	0.083892365	0	0	0	0	0	410298.3225	348975.5712	215779.4341	0	0	
40	99.8767282	41.44940476	34.94520116	0	17.47260058	0	0	0	0	0	150341.1928	127968.6921	78908.09899	0	0	
41	99.87325952	36.83142239	18.91985411	0	9.457892223	0	0	0	0	0	1434029.697	1219722.968	754133.3123	0	0	
42	99.86962376	5.772601105	0.786754224	0	0.393377112	0	0	0	0	0	1274214.456	1083715.812	670210.8028	0	0	
43	99.86327913	31.05882458	3.753455423	0	1.875280735	0	0	0	0	0	199695.3691	169942.675	104870.0512	0	0	
44	99.92839597	9.964937126	1.0608216	0	0.53026185	0	0	0	0	0	1075138.849	914045.2543	566078.4561	0	0	
45	99.93377762	21.09390134	3.482644576	0	1.741989717	0	0	0	0	0	344966.9512	293029.4988	182032.7176	0	0	
46	99.93207382	4.618104613	0.046577928	0	0.023288964	0	0	0	0	0	730217.8307	621062.3127	384056.8759	0	0	
47	99.9260034	16.4757975	0.346915533	0	0.173457766	0	0	0	0	0	159857.4598	136006.766	84003.3753	0	0	
48	99.92648468	11.85769265	2.276955344	0	1.138477672	0	0	0	0	0	570318.7873	485030.3338	300015.1569	0	0	
49	99.92180974	7.239561039	1.163529618	0	0.581764809	0	0	0	0	0	410441.3462	349005.5791	216002.7881	0	0	
50	99.92151738	2.893969807	0.113766832	0	0.056883416	0	0	0	0	0	250588.9277	213003.243	132001.6255	0	0	
51	99.92129632	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1543	85001.16472	53000.58639	0	0	

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## **Lampiran – 21**

**Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

**Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank -**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 2&3 FO - 1 ,2 & 3 Unit DG ; 1 ,2 & 3**

**Kapasitor Bank**

JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG - 1DG1CAP																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	17.08801936	80.7673122	118473.8381	41.17205722	88777.06013	94.46243771	100	1	32	374702.0425	196705.9911	-318917.503	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
2	99.99803931	71.29785283	2501.024838	0	2386.648702	0	94.46243771	100	1	32	374694.6957	196625.2238	-318958.6751	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
3	99.07429068	66.92517893	20211.84323	0	18212.42674	0	94.46243771	100	1	32	1548929.873	1521046.848	292575.1823	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
4	98.68429755	62.51360664	4800.917822	0	5608.691296	0	94.46243771	100	1	32	1448211.287	1425892.414	253272.102	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
5	98.3170721	31.76468001	2145.829446	0	2837.192749	0	94.46243771	100	1	32	1347714.265	1330840.642	212595.6903	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
6	97.3909973	28.10800228	2370.179376	0	1185.089688	0	94.46243771	100	1	32	678355.9379	669176.2806	-111219.9796	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
7	97.28787272	25.97886607	2972.266129	0	2338.533637	0	94.46243771	100	1	32	599629.541	576699.815	-164234.3136	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
8	97.3945831	24.11320935	944.7348663	0	1243.54041	0	94.46243771	100	1	32	554816.4472	517515.9938	-199996.2157	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
9	97.25221694	16.78377311	499.4453057	0	444.5147729	0	94.46243771	100	1	32	514219.8767	456985.9092	-235766.7499	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
10	97.15805656	13.9936975	438.4293905	0	320.1715367	0	94.46243771	100	1	32	357571.3812	330222.4954	137150.9979	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
11	97.15112247	11.02540859	470.071107	0	627.6123935	0	94.46243771	100	1	32	298108.691	270123.9323	126102.5488	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
12	97.30083203	8.060975501	142.6945999	0	111.8943994	0	94.46243771	100	1	32	235236.9718	211186.7026	103617.612	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
13	96.9681706	3.42000612	17.54460628	0	17.54460628	0	94.46243771	100	1	32	171400.1259	150763.1932	81538.10605	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
14	96.92149291	29.35070274	2584.391255	0	1292.195627	0	94.46243771	100	1	32	72684.29993	60362.24698	40489.58626	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
15	96.7508327	8.41024085	218.562347	0	157.0253756	0	0	0	0	0	622683.7735	566339.1198	258834.0842	0	0	0	0	0	0
16	96.57782811	5.458969034	93.334674	0	66.15676127	0	0	0	0	0	178106.6769	165125.9767	66748.78407	0	0	0	0	0	0
17	96.29052155	2.53875636	3.801428418	0	1.256830352	0	0	0	0	0	115262.6242	104970.3575	47609.83688	0	0	0	0	0	0
18	96.18949854	10.48171619	235.4656132	0	77.48875373	0	0	0	0	0	53547.97082	45105.51676	28859.61776	0	0	0	0	0	0
19	99.81235476	123.4897208	22554.32279	0	11487.60741	0	0	0	0	0	229409.3058	203776.3199	105374.7646	0	0	0	0	0	0
20	98.24793982	72.26096006	5733.36769	0	2919.944638	0	0	0	0	0	2660410.138	2176621.009	1529739.549	0	0	0	0	0	0
21	97.84346485	65.69681004	4934.563803	0	2513.248056	0	0	0	0	0	1550350.465	1148631.142	1041265.127	0	0	0	0	0	0
22	97.61619482	62.73885343	9671.154283	0	8348.60327	0	0	0	0	0	1406243.377	1030388.742	956984.5747	0	0	0	0	0	0
23	98.71860921	48.09120726	3130.557642	0	2139.075623	0	0	0	0	0	1358094.339	961678.7828	958954.7181	0	0	0	0	0	0
24	98.05688101	43.34292447	5060.97292	0	3996.365142	0	0	0	0	0	1034041.783	930738.2534	450520.4899	0	0	0	0	0	0
25	97.72707547	21.70797017	1266.682284	0	991.1506131	0	0	0	0	0	928811.2063	838736.0371	399013.9307	0	0	0	0	0	0
26	97.21430617	60.10751029	2200.263891	0	1120.725548	0	0	0	0	0	462747.1259	416502.9	201643.8365	0	0	0	0	0	0
27	96.98030825	57.33094657	2802.357597	0	1426.81613	0	0	0	0	0	1278223.014	880220.2445	926858.3468	0	0	0	0	0	0
28	95.93562082	54.57813984	9463.562927	0	8343.842025	0	0	0	0	0	1206044.509	810241.1874	893337.8845	0	0	0	0	0	0
29	95.1877219	52.01619063	6527.733431	0	5686.806816	0	0	0	0	0	1139184.313	743901.4117	862758.1285	0	0	0	0	0	0
30	94.86916492	45.84887122	3200.476165	0	1630.193278	0	0	0	0	0	1082076.473	680675.1232	841172.3191	0	0	0	0	0	0
31	94.52934448	19.21464711	1079.253227	0	1066.626495	0	0	0	0	0	950363.2352	560153.1123	767736.1327	0	0	0	0	0	0
32	94.46243771	11.22909649	117.2661253	0	136.8987444	0	0	0	0	0	398002.5868	359915.2183	169903.1921	0	0	0	0	0	0
33	96.15705529	0	0	0	0	0	0	0	0	0	236766.5258	217969.4549	92453.79651	0	0	0	0	0	0



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																									
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																									
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG - 1DG2CAP																									
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP						
1	100	54.80204551	830.7028754	87392.5406	423.4602514	67619.76173	96.1524173	100	1	33	1201686.278	632756.9512	-1021600.97	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
2	99.9935879	71.30122997	2501.261774	0	2386.874803	0	96.1524173	100	1	33	1201609.225	631926.2483	-1022024.44	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
3	99.23512877	66.92835884	20213.76397	0	18214.15749	0	96.1524173	100	1	33	1551517.906	1524468.443	288450.6567	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
4	98.96736349	62.51658176	4801.374798	0	5609.225162	0	96.1524173	100	1	33	1452434.343	1431377.106	246424.6371	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
5	98.72731188	31.76619538	2146.034187	0	2837.463457	0	96.1524173	100	1	33	1353402.173	1338058.801	203214.3816	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
6	98.25672649	28.10934324	2370.405531	0	1185.202766	0	96.1524173	100	1	33	684418.6367	673665.1584	-120847.526	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
7	97.28329096	25.98010406	2972.549412	0	2338.756521	0	96.1524173	100	1	33	599629.9069	576700.4548	-164233.403	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
8	97.39000637	24.11435713	944.824806	0	1243.658797	0	96.1524173	100	1	33	554816.8132	517516.7105	-199995.376	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
9	97.24763349	16.78457907	499.4932733	0	444.5574651	0	96.1524173	100	1	33	514220.1173	456986.5746	-235765.985	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
10	97.15346866	13.99437064	438.4715709	0	320.2023399	0	96.1524173	100	1	33	357571.6661	330222.5206	137151.6798	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
11	97.14653424	11.02593985	470.1164087	0	627.672878	0	96.1524173	100	1	33	298108.9512	270123.9476	126103.1313	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
12	97.29624962	8.061364174	142.7083607	0	111.90519	0	96.1524173	100	1	33	235237.2276	211186.8171	103617.9594	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
13	96.96357183	3.420165578	17.54629886	0	17.54629887	0	96.1524173	100	1	33	171400.2611	150763.2668	81538.25404	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
14	96.91689175	29.35208482	2584.634649	0	1292.317325	0	96.1524173	100	1	33	72684.35521	60362.28189	40489.63346	3728981.741	3169634.479	1964363.023	2	971028.7453	30						
15	96.74622334	8.410637752	218.5829766	0	157.0401968	0	0	0	0	0	622683.4276	566339.2222	258833.028	0	0	0	0	0	0						
16	96.57321042	5.459226841	93.34348992	0	66.16301011	0	0	0	0	0	178106.566	165125.9813	66748.47681	0	0	0	0	0	0						
17	96.28589001	2.538876265	3.801787509	0	1.256949075	0	0	0	0	0	115262.5232	104970.3492	47609.61086	0	0	0	0	0	0						
18	96.18486212	10.48220984	235.4877932	0	77.4960529	0	0	0	0	0	53547.91871	45105.5241	28859.5096	0	0	0	0	0	0						
19	99.80789435	102.3711449	15499.70009	0	7894.471995	0	0	0	0	0	229409.858	203776.6795	105375.2715	0	0	0	0	0	0						
20	98.24340375	51.66076446	2930.380374	0	1492.4123	0	0	0	0	0	2205338.677	2134373.399	554949.4348	0	0	0	0	0	0						
21	97.83890925	45.99042406	2418.215673	0	1231.633855	0	0	0	0	0	1108324.067	1106213.544	68365.43373	0	0	0	0	0	0						
22	97.61162779	43.23886823	4593.606525	0	3965.421018	0	0	0	0	0	984381.1807	984283.597	-13860.3559	0	0	0	0	0	0						
23	98.88003722	48.01148998	3120.187652	0	2131.989922	0	0	0	0	0	937512.9428	937129.4305	-26813.2131	0	0	0	0	0	0						
24	98.21940827	43.27096068	5044.181046	0	3983.105546	0	0	0	0	0	1034038.789	930735.7757	450518.7382	0	0	0	0	0	0						
25	97.89015226	21.67180651	1262.465426	0	987.8510162	0	0	0	0	0	928816.3984	838740.2306	399017.2019	0	0	0	0	0	0						
26	98.14791095	40.5010563	998.964357	0	508.8320912	0	0	0	0	0	466412.8508	422027.655	198578.9662	0	0	0	0	0	0						
27	98.008776	37.8122515	1219.018801	0	620.6615784	0	0	0	0	0	870413.5609	868757.313	-53670.2713	0	0	0	0	0	0						
28	97.56687752	35.17496314	3930.832307	0	3465.739495	0	0	0	0	0	808964.1524	804748.9832	-82474.6868	0	0	0	0	0	0						
29	97.27228893	32.55890544	2557.554613	0	2228.081027	0	0	0	0	0	750269.2023	742226.1339	-109563.872	0	0	0	0	0	0						
30	97.12240775	27.97030452	1191.109506	0	606.7030688	0	0	0	0	0	693399.5729	681069.0391	-130184.223	0	0	0	0	0	0						
31	96.79053682	18.76540172	1029.376529	0	1017.333331	0	0	0	0	0	593641.7359	558983.5611	-199869.68	0	0	0	0	0	0						
32	96.72519545	10.96640666	111.8437297	0	130.5685348	0	0	0	0	0	398008.0122	359919.1096	169907.6583	0	0	0	0	0	0						
33	96.1524173	0	0	0	0	0	0	0	0	0	231216.5339	209950.6979	96859.6407	0	0	0	0	0	0						

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## **Lampiran – 22**

**Jaringan Standar – Sistem IEEE-33 BUS**

**Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank -**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 2&3 FO - 1 ,2 & 3 UNIT DG ; 1 ,2 & 3**

**Kapasitor Bank**

JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG - 1DG1CAP																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	17.08801936	80.7673122	118473.8381	41.17205722	88777.06013	94.46243771	100	1	32	374702.0425	196705.9911	-318917.503	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
2	99.99803931	71.29785283	2501.024838	0	2386.648702	0	94.46243771	100	1	32	374694.6957	196625.2238	-318958.6751	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
3	99.07429068	66.92517893	20211.84323	0	18212.42674	0	94.46243771	100	1	32	1548929.873	1521046.848	292575.1823	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
4	98.68429755	62.51360664	4800.917822	0	5608.691296	0	94.46243771	100	1	32	1448211.287	1425892.414	253272.102	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
5	98.3170721	31.76468001	2145.829446	0	2837.192749	0	94.46243771	100	1	32	1347714.265	1330840.642	212595.6903	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
6	97.3909973	28.10800228	2370.179376	0	1185.089688	0	94.46243771	100	1	32	678355.9379	669176.2806	-111219.9796	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
7	97.28787272	25.97886607	2972.266129	0	2338.53637	0	94.46243771	100	1	32	599629.541	576699.815	-164234.3136	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
8	97.3945831	24.11320935	944.7348663	0	1243.54041	0	94.46243771	100	1	32	554816.4472	517515.9938	-199996.2157	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
9	97.25221694	16.78377311	499.4453057	0	444.5147729	0	94.46243771	100	1	32	514219.8767	456985.9092	-235766.7499	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
10	97.15805656	13.9936975	438.4293905	0	320.1715367	0	94.46243771	100	1	32	357571.3812	330222.4954	137150.9979	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
11	97.15112247	11.02540859	470.071107	0	627.6123935	0	94.46243771	100	1	32	298108.691	270123.9323	126102.5488	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
12	97.30083203	8.060975501	142.6945999	0	111.8943994	0	94.46243771	100	1	32	235236.9718	211186.7026	103617.612	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
13	96.9681706	3.42000612	17.54460628	0	17.54460628	0	94.46243771	100	1	32	171400.1259	150763.1932	81538.10605	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
14	96.92149291	29.35070274	2584.391255	0	1292.195627	0	94.46243771	100	1	32	72684.29993	60362.24698	40489.58626	4278549.102	3636766.737	2253865.595	2	453829.3208	14
15	96.7508327	8.41024085	218.562347	0	157.0253756	0	0	0	0	0	622683.7735	566339.1198	258834.0842	0	0	0	0	0	0
16	96.57782811	5.458969034	93.334674	0	66.15676127	0	0	0	0	0	178106.6769	165125.9767	66748.78407	0	0	0	0	0	0
17	96.29052155	2.53875636	3.801428418	0	1.256830352	0	0	0	0	0	115262.6242	104970.3575	47609.83688	0	0	0	0	0	0
18	96.18949854	10.48171619	235.4656132	0	77.48875373	0	0	0	0	0	53547.97082	45105.51676	28859.61776	0	0	0	0	0	0
19	99.81235476	123.4897208	22554.32279	0	11487.60741	0	0	0	0	0	229409.3058	203776.3199	105374.7646	0	0	0	0	0	0
20	98.24793982	72.26096006	5733.36769	0	2919.944638	0	0	0	0	0	2660410.138	2176621.009	1529739.549	0	0	0	0	0	0
21	97.84346485	65.69681004	4934.563803	0	2513.248056	0	0	0	0	0	1550350.465	1148631.142	1041265.127	0	0	0	0	0	0
22	97.61619482	62.73885343	9671.154283	0	8348.60327	0	0	0	0	0	1406243.377	1030388.742	956984.5747	0	0	0	0	0	0
23	98.71860921	48.09120726	3130.557642	0	2139.075623	0	0	0	0	0	1358094.339	961678.7828	958954.7181	0	0	0	0	0	0
24	98.05688101	43.34292447	5060.97292	0	3996.365142	0	0	0	0	0	1034041.783	930738.2534	450520.4899	0	0	0	0	0	0
25	97.72707547	21.70797017	1266.682284	0	991.1506131	0	0	0	0	0	928811.2063	838736.0371	399013.9307	0	0	0	0	0	0
26	97.21430617	60.10751029	2200.263891	0	1120.725548	0	0	0	0	0	462747.1259	416502.9	201643.8365	0	0	0	0	0	0
27	96.98030825	57.33094657	2802.357597	0	1426.81613	0	0	0	0	0	1278223.014	880220.2445	926858.3468	0	0	0	0	0	0
28	95.93562082	54.57813984	9463.562927	0	8343.842025	0	0	0	0	0	1206044.509	810241.1874	893337.8845	0	0	0	0	0	0
29	95.1877219	52.01619063	6527.733431	0	5686.806816	0	0	0	0	0	1139184.313	743901.4117	862758.1285	0	0	0	0	0	0
30	94.86916492	45.84887122	3200.476165	0	1630.193278	0	0	0	0	0	1082076.473	680675.1232	841172.3191	0	0	0	0	0	0
31	94.52934448	19.21464711	1079.253227	0	1066.626495	0	0	0	0	0	950363.2352	560153.1123	767736.1327	0	0	0	0	0	0
32	94.46243771	11.22909649	117.2661253	0	136.8987444	0	0	0	0	0	398002.5868	359915.2183	169903.1921	0	0	0	0	0	0
33	96.15705529	0	0	0	0	0	0	0	0	0	236766.5258	217969.4549	92453.79651	0	0	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																					
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																					
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG - 1DG3CAP																					
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP		
1	100	65.50868753	1186.99796	86339.2106	605.0857283	66697.90715	96.5091702	100	1	33	1436458.989	756489.5378	-1221121.618	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
2	99.99233374	69.97731205	2409.237507	0	2299.058963	0	96.5091702	100	1	33	1436348.866	755302.5398	-1221726.704	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
3	99.23386459	65.8741706	19582.0051	0	17644.89411	0	96.5091702	100	1	33	1522689.996	1522630.007	13516.09668	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
4	98.96609572	61.79843462	4691.69865	0	5481.095568	0	96.5091702	100	1	33	1429538.745	1429268.792	-27780.26623	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
5	98.72604089	31.65005208	2130.37025	0	2816.752767	0	96.5091702	100	1	33	1337838.004	1335980.658	-70471.31828	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
6	98.2554491	28.00656693	2353.103373	0	1176.551687	0	96.5091702	100	1	33	681907.4057	671607.5763	-118071.8993	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
7	97.72405397	25.88521959	2950.876388	0	2321.704516	0	96.5091702	100	1	33	600144.2974	576877.4268	-165485.988	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
8	97.83028805	24.02638593	937.9437799	0	1234.601405	0	96.5091702	100	1	33	555289.5734	517569.2367	-201168.0779	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
9	97.68855869	16.72280979	495.8236468	0	441.2914355	0	96.5091702	100	1	33	514667.1911	456925.6865	-236856.9918	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
10	97.59481974	13.94278107	435.2447208	0	317.8458702	0	96.5091702	100	1	33	357874.1662	330765.37	136631.5808	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
11	97.58791669	10.98522431	466.6508168	0	623.0458155	0	96.5091702	100	1	33	298359.4431	270593.3948	125688.3922	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
12	97.64874389	8.031576494	141.6556612	0	111.0797125	0	96.5091702	100	1	33	235217.659	211178.0577	103591.385	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
13	97.31731996	3.407522697	17.41681638	0	17.41681639	0	96.5091702	100	1	33	171389.9189	150757.6318	81526.93286	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
14	97.27082205	26.36467213	2085.28781	0	1042.643905	0	96.5091702	100	1	33	72680.12682	60359.61192	40486.02332	3582174.78	3044848.563	1887027.658	2	275934.1543	8		
15	97.10078264	8.372626887	216.6117222	0	155.6239558	0	0	0	0	0	561357.3822	561178.9847	-14151.24418	0	0	0	0	0	0	0	
16	96.92840798	5.434537015	92.50109109	0	65.5659075	0	0	0	0	0	177953.7526	164856.3247	67006.94203	0	0	0	0	0	0	0	
17	96.64214964	2.527393128	3.767474911	0	1.245604625	0	0	0	0	0	115165.7833	104790.4502	47771.53115	0	0	0	0	0	0	0	
18	96.54149508	10.43493213	233.3683511	0	76.79857133	0	0	0	0	0	53503.37197	45012.34623	28922.30107	0	0	0	0	0	0	0	
19	99.8338734	102.3724919	15500.10797	0	7894.679741	0	0	0	0	0	228434.5988	202372.5786	105960.8671	0	0	0	0	0	0	0	
20	98.50855125	51.6614496	2930.458102	0	1492.451886	0	0	0	0	0	2211319.725	2141758.015	550279.5033	0	0	0	0	0	0	0	
21	98.1893483	45.99103542	2418.279965	0	1231.6666	0	0	0	0	0	1112308.609	1110429.615	64625.94989	0	0	0	0	0	0	0	
22	97.96294296	43.23944366	4593.728792	0	3965.526564	0	0	0	0	0	987937.2113	987783.5696	-17422.77484	0	0	0	0	0	0	0	
23	98.87876841	48.01211551	3120.268956	0	2132.045477	0	0	0	0	0	937513.3894	937129.8881	-26812.83484	0	0	0	0	0	0	0	
24	98.21813084	43.27152536	5044.3127	0	3983.209505	0	0	0	0	0	1034038.813	930735.7951	450518.7519	0	0	0	0	0	0	0	
25	97.88887052	21.67209028	1262.498488	0	987.8768859	0	0	0	0	0	928816.3577	838740.1977	399017.1762	0	0	0	0	0	0	0	
26	98.14663209	40.50159586	998.9909736	0	508.8456487	0	0	0	0	0	466412.8806	422027.7055	198578.9288	0	0	0	0	0	0	0	
27	98.00749526	37.81275564	1219.051307	0	620.6781286	0	0	0	0	0	870413.7822	868757.5469	-53670.07471	0	0	0	0	0	0	0	
28	97.56559076	35.17543239	3930.937185	0	3465.831964	0	0	0	0	0	808964.2689	804749.11	-82474.5916	0	0	0	0	0	0	0	
29	97.27099819	32.55933994	2557.622875	0	2228.140496	0	0	0	0	0	750269.2555	742226.1935	-109563.8328	0	0	0	0	0	0	0	
30	97.121115	27.9706777	1191.14129	0	606.7192579	0	0	0	0	0	693399.5968	681069.0677	-130184.1998	0	0	0	0	0	0	0	
31	96.78923961	18.76565341	1029.404143	0	1017.360622	0	0	0	0	0	593641.6999	558983.5341	-199869.6488	0	0	0	0	0	0	0	
32	96.72389737	10.96655383	111.8467317	0	130.5720394	0	0	0	0	0	398008.0092	359919.1075	169907.6558	0	0	0	0	0	0	0	
33	96.5091702	0	0	0	0	0	0	0	0	0	232077.5277	211066.5372	96492.98292	0	0	0	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENETUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENETUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG -2DG1CAP																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	104.979013	3048.296073	98331.4554	1553.903638	78225.28618	95.43767862	100.1441608	2	32	2301954.941	-1734274.44	-1513700.339	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
2	100.1441608	71.18717825	2493.266259	0	2379.244936	0	95.43767862	100.1441608	2	32	2305273.457	-1737322.736	-1515254.243	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
3	100.0027986	66.82096872	20148.9479	0	18155.75321	0	95.43767862	100.1441608	2	32	1561019.275	1533130.896	293753.0139	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
4	99.616713	62.41610804	4785.954112	0	5591.209884	0	95.43767862	100.1441608	2	32	1459618.328	1437314.163	254192.169	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
5	99.25319	31.7150199	2139.125218	0	2828.328491	0	95.43767862	100.1441608	2	32	1358424.456	1341581.943	213248.4291	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
6	98.33646186	28.06405756	2362.77398	0	1181.38699	0	95.43767862	100.1441608	2	32	683870.5467	674524.641	-112674.0134	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
7	97.43826588	25.93829585	2962.990024	0	2331.235339	0	95.43767862	100.1441608	2	32	599617.5584	576678.8647	-164264.1269	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
8	97.54481155	24.0755952	941.7897846	0	1239.663843	0	95.43767862	100.1441608	2	32	554804.4638	517492.5227	-200023.7035	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
9	97.4026656	16.75736151	497.874649	0	443.1168619	0	95.43767862	100.1441608	2	32	514212.0005	456964.1226	-235791.7984	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
10	97.30865096	13.97163847	437.0482393	0	319.1629244	0	95.43767862	100.1441608	2	32	357562.0542	330221.6685	137128.6703	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
11	97.3017276	11.00799907	468.5877599	0	625.6319121	0	95.43767862	100.1441608	2	32	298100.17	270123.433	126083.4735	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
12	97.45124663	8.048238585	142.2440209	0	111.5410765	0	95.43767862	100.1441608	2	32	235228.5959	211182.9534	103606.2378	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
13	97.11912137	3.414594635	17.48918478	0	17.48918478	0	95.43767862	100.1441608	2	32	171395.6992	150760.7812	81533.26038	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
14	97.07252158	29.30540921	2576.421027	0	1288.210513	0	95.43767862	100.1441608	2	32	72682.49009	60361.10418	40488.04105	2248044.763	1910838.049	1184231.062	3	453829.3208	14
15	96.90213033	8.397233585	217.8868135	0	156.5400408	0	0	0	0	0	622695.0995	566335.7646	258868.6707	0	0	0	0	0	0
16	96.72939864	5.450520184	93.0459893	0	65.95213801	0	0	0	0	0	178110.3081	165125.8259	66758.8456	0	0	0	0	0	0
17	96.44254622	2.534826833	3.789669705	0	1.25294268	0	0	0	0	0	115265.9285	104970.6289	47617.23802	0	0	0	0	0	0
18	96.34168284	10.46553796	234.7393054	0	77.24973501	0	0	0	0	0	53549.67717	45105.27617	28863.15967	0	0	0	0	0	0
19	99.95877108	21.27986222	669.7393211	0	341.1187495	0	0	0	0	0	229391.2238	203764.5464	105358.1663	0	0	0	0	0	0
20	98.3968355	71.53858931	5619.311196	0	2861.85685	0	0	0	0	0	459139.0976	263547.2655	375967.485	0	0	0	0	0	0
21	97.99300059	65.03596831	4835.789913	0	2462.941019	0	0	0	0	0	1537197.824	1138061.667	1033340.599	0	0	0	0	0	0
22	97.76610523	62.10597821	9477.023766	0	8181.020516	0	0	0	0	0	1394235.89	1020801.128	949662.4529	0	0	0	0	0	0
23	99.65049567	47.63465766	3071.400443	0	2098.654159	0	0	0	0	0	1357085.477	960838.3642	958368.7339	0	0	0	0	0	0
24	98.99506286	42.93078776	4965.183536	0	3920.725663	0	0	0	0	0	1034024.71	930724.1217	450510.4998	0	0	0	0	0	0
25	98.6684043	21.50086904	1242.628449	0	972.3290239	0	0	0	0	0	928840.8246	838759.9587	399032.5915	0	0	0	0	0	0
26	98.16156094	59.50003062	2156.014469	0	1098.18668	0	0	0	0	0	462798.3509	416573.6062	201615.3372	0	0	0	0	0	0
27	97.92993893	56.75035148	2745.8856	0	1398.063499	0	0	0	0	0	1277694.443	879811.4504	926517.6207	0	0	0	0	0	0
28	96.89586071	54.02432928	9272.481646	0	8175.369323	0	0	0	0	0	1205780.104	810033.6514	893169.1568	0	0	0	0	0	0
29	96.15556398	51.48785035	6395.799546	0	5571.869139	0	0	0	0	0	1139090.255	743822.2168	862702.2185	0	0	0	0	0	0
30	95.84024962	45.38269365	3135.724075	0	1597.211179	0	0	0	0	0	1082049.253	680661.284	841148.5014	0	0	0	0	0	0
31	95.5039016	19.01841403	1057.321651	0	1044.951508	0	0	0	0	0	950398.4441	560150.0611	767781.9428	0	0	0	0	0	0
32	95.43767862	11.11435067	114.8817755	0	134.1152082	0	0	0	0	0	398004.9724	359916.9294	169905.1559	0	0	0	0	0	0
33	96.30929087	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234718.1175	215999.8521	91851.28516	0	0	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																														
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																														
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG -2DG2CAP																														
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP											
1	100	98.87582862	2704.160396	74817.89659	1378.476558	61070.51598	96.27343698	100.1097451	2	33	2168125.759	-902070.039	-1971557.49	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
2	100.1097451	71.21321322	2495.090294	0	2380.985556	0	96.27343698	100.1097451	2	33	2170505.17	-904774.199	-1972935.97	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
3	99.97319185	66.84548289	20163.73443	0	18169.07702	0	96.27343698	100.1097451	2	33	1561127.856	1534069.876	289395.5756	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
4	99.70750344	62.43904332	4789.472028	0	5595.319704	0	96.27343698	100.1097451	2	33	1461484.589	1440428.867	247187.9499	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
5	99.46932464	31.72670174	2140.701348	0	2830.412434	0	96.27343698	100.1097451	2	33	1361882.824	1346549.526	203787.1437	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
6	99.00244471	28.07439493	2364.514952	0	1182.257476	0	96.27343698	100.1097451	2	33	688755.6554	677875.872	-121937.094	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
7	97.40284537	25.94783944	2965.170795	0	2332.951138	0	96.27343698	100.1097451	2	33	599620.3752	576683.79	-164257.118	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
8	97.50942978	24.08444343	942.482162	0	1240.57521	0	96.27343698	100.1097451	2	33	554807.2808	517498.0406	-200017.241	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
9	97.36723203	16.76357439	498.2438966	0	443.4454987	0	96.27343698	100.1097451	2	33	514213.852	456969.2445	-235785.91	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
10	97.2731831	13.97682747	437.3729345	0	319.4000394	0	96.27343698	100.1097451	2	33	357564.2467	330221.8628	137133.9194	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
11	97.26625722	11.01209434	468.9364788	0	626.0975023	0	96.27343698	100.1097451	2	33	298102.1731	270123.5503	126087.958	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
12	97.41582109	8.051234706	142.3499471	0	111.6241389	0	96.27343698	100.1097451	2	33	235230.5649	211183.8348	103608.9118	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
13	97.08356971	3.415866289	17.50221375	0	17.50221375	0	96.27343698	100.1097451	2	33	171396.7399	150761.3483	81534.39955	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
14	97.03695159	29.31606413	2578.294848	0	1289.147424	0	96.27343698	100.1097451	2	33	72682.91557	60361.37284	40488.40431	1790885.113	1522252.346	943407.273	3	971028.7453	30											
15	96.86649708	8.400293422	218.0456323	0	156.6541437	0	0	0	0	0	622692.437	566336.5539	258860.5394	0	0	0	0	0	0											
16	96.6937012	5.452507694	93.11385934	0	66.00024514	0	0	0	0	0	178109.4545	165125.8615	66756.48013	0	0	0	0	0	0											
17	96.40674195	2.535751216	3.792434189	0	1.253856675	0	0	0	0	0	115265.1517	104970.5652	47615.49801	0	0	0	0	0	0											
18	96.30584102	10.46934375	234.9100621	0	77.30592892	0	0	0	0	0	53549.27603	45105.33278	28862.32698	0	0	0	0	0	0											
19	99.92428605	33.06277173	1616.764228	0	823.4675408	0	0	0	0	0	229395.4748	203767.3143	105362.0686	0	0	0	0	0	0											
20	98.36176724	51.26390161	2885.530394	0	1469.570671	0	0	0	0	0	713115.5634	614292.0636	-362186.509	0	0	0	0	0	0											
21	97.95778178	45.63630724	2381.119513	0	1212.740219	0	0	0	0	0	1101146.066	1099025.246	68309.35909	0	0	0	0	0	0											
22	97.73079829	42.90556524	4523.060658	0	3904.522448	0	0	0	0	0	977994.1895	977901.6213	-13455.6186	0	0	0	0	0	0											
23	99.62078217	47.64908004	3073.260584	0	2099.925173	0	0	0	0	0	937255.3068	936865.4177	-27031.4494	0	0	0	0	0	0											
24	98.9651505	42.94380684	4968.195452	0	3923.104003	0	0	0	0	0	1034025.247	930724.5659	450510.8138	0	0	0	0	0	0											
25	98.63839253	21.5074109	1243.384729	0	972.9207966	0	0	0	0	0	928839.8933	838759.2066	399032.0048	0	0	0	0	0	0											
26	98.89447885	40.18853871	983.6072538	0	501.0098032	0	0	0	0	0	466395.672	421998.5128	198600.5491	0	0	0	0	0	0											
27	98.75643273	37.52025264	1200.264155	0	611.1126784	0	0	0	0	0	870285.8897	868622.3833	-53783.6874	0	0	0	0	0	0											
28	98.31801792	34.90317399	3870.321648	0	3412.388407	0	0	0	0	0	808896.9571	804675.8055	-82529.6019	0	0	0	0	0	0											
29	98.02573494	32.30724019	2518.169993	0	2193.770079	0	0	0	0	0	750238.5263	742191.776	-109586.559	0	0	0	0	0	0											
30	97.87701991	27.75416163	1172.771835	0	597.3625997	0	0	0	0	0	693385.7808	681052.4895	-130197.341	0	0	0	0	0	0											
31	97.54772844	18.61962605	1013.445594	0	1001.58878	0	0	0	0	0	593662.4865	558999.1962	-199887.585	0	0	0	0	0	0											
32	97.48289502	10.88116871	110.1118443	0	128.5466982	0	0	0	0	0	398009.7452	359920.3525	169909.0849	0	0	0	0	0	0											
33	96.27343698	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229708.1233	208554.4375	96285.34945	0	0	0	0	0	0											



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																				
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																				
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG -2DG3CAP																				
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	105.3041697	3067.20859	73766.9541	1563.544509	60150.92896	96.62996613	100.1087147	2	33	2309084.899	-781274.3555	-2172897.478	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
2	100.1087147	69.89152413	2403.333971	0	2293.425406	0	96.62996613	100.1087147	2	33	2311595.213	-784341.5641	-2174461.023	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
3	99.97335131	65.79327141	19533.93783	0	17601.5818	0	96.62996613	100.1087147	2	33	1532156.384	1532103.411	12740.57128	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
4	99.70766334	61.7224836	4680.173429	0	5467.631182	0	96.62996613	100.1087147	2	33	1438481.738	1438194.519	-28744.32879	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
5	99.46948494	31.61091728	2125.105169	0	2809.791332	0	96.62996613	100.1087147	2	33	1346255.824	1344348.715	-71632.92849	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
6	99.00260581	27.97193621	2347.287645	0	1173.643823	0	96.62996613	100.1087147	2	33	686243.2047	675820.0166	-119151.337	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
7	97.84329037	25.85324779	2943.591415	0	2315.97281	0	96.62996613	100.1087147	2	33	600133.5569	576860.3612	-165506.5249	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
8	97.94939498	23.99674335	935.6308291	0	1231.556903	0	96.62996613	100.1087147	2	33	555278.9364	517550.4833	-201186.9639	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
9	97.80783872	16.70199749	494.5902646	0	440.1937044	0	96.62996613	100.1087147	2	33	514659.8652	456908.542	-236874.1462	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
10	97.71421431	13.9253989	434.1601766	0	317.0538609	0	96.62996613	100.1087147	2	33	357866.0432	330763.3632	136615.1618	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
11	97.7073197	10.97150612	465.4860511	0	621.490686	0	96.62996613	100.1087147	2	33	298352.0852	270591.8307	125674.293	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
12	97.76810506	8.021540253	141.3018572	0	110.802276	0	96.62996613	100.1087147	2	33	235211.0824	211175.1138	103582.4532	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
13	97.43710353	3.403262995	17.37329851	0	17.37329852	0	96.62996613	100.1087147	2	33	171386.4431	150755.7379	81523.12782	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
14	97.39066696	26.33255088	2080.209707	0	1040.104854	0	96.62996613	100.1087147	2	33	72678.70569	60358.71455	40484.80998	1794343.102	1525191.637	945228.8819	3	275934.1543	8	
15	97.22083949	8.362403116	216.0830383	0	155.2441246	0	0	0	0	0	561366.6805	561188.788	-14131.32052	0	0	0	0	0	0	
16	97.04867987	5.42789624	92.27516436	0	65.40576786	0	0	0	0	0	177956.9953	164856.8459	67014.27127	0	0	0	0	0	0	
17	96.76277938	2.524304533	3.758272469	0	1.242562109	0	0	0	0	0	115168.631	104791.0907	47776.99119	0	0	0	0	0	0	
18	96.6622506	10.42221563	232.7999105	0	76.61150473	0	0	0	0	0	53504.82931	45012.37693	28924.94914	0	0	0	0	0	0	
19	99.95045676	32.98844235	1609.503009	0	819.7691798	0	0	0	0	0	228422.6525	202366.7094	105946.3219	0	0	0	0	0	0	
20	98.62681668	51.26381654	2885.520817	0	1469.565793	0	0	0	0	0	713429.6563	611977.9902	-366694.4422	0	0	0	0	0	0	
21	98.30801712	45.63623134	2381.111592	0	1212.736185	0	0	0	0	0	1105081.237	1103191.208	64604.17517	0	0	0	0	0	0	
22	98.08190688	42.9054938	4523.045595	0	3904.509446	0	0	0	0	0	981506.1082	981359.1381	-16984.776	0	0	0	0	0	0	
23	99.6209422	47.64900234	3073.250561	0	2099.918325	0	0	0	0	0	937255.2518	936865.3613	-27031.49598	0	0	0	0	0	0	
24	98.9653116	42.94373671	4968.179223	0	3923.091188	0	0	0	0	0	1034025.244	930724.5635	450510.8121	0	0	0	0	0	0	
25	98.63855417	21.50737566	1243.380654	0	972.917608	0	0	0	0	0	928839.8983	838759.2106	399032.0079	0	0	0	0	0	0	
26	98.89464013	40.18847172	983.6039749	0	501.0081331	0	0	0	0	0	466395.6684	421998.5065	198600.5537	0	0	0	0	0	0	
27	98.75659425	37.52019005	1200.260151	0	611.1106397	0	0	0	0	0	870285.8625	868622.3545	-53783.7116	0	0	0	0	0	0	
28	98.31818017	34.90311573	3870.308729	0	3412.377017	0	0	0	0	0	808896.9427	804675.7899	-82529.61362	0	0	0	0	0	0	
29	98.02589769	32.30718625	2518.161584	0	2193.762753	0	0	0	0	0	750238.5197	742191.7687	-109586.5638	0	0	0	0	0	0	
30	97.87718292	27.7541153	1172.76792	0	597.3606055	0	0	0	0	0	693385.7779	681052.486	-130197.3438	0	0	0	0	0	0	
31	97.547892	18.61959481	1013.442193	0	1001.585419	0	0	0	0	0	593662.4909	558999.1995	-199887.5887	0	0	0	0	0	0	
32	97.48305868	10.88115044	110.1114745	0	128.5462666	0	0	0	0	0	398009.7456	359920.3528	169909.0852	0	0	0	0	0	0	
33	96.62996613	0	0	0	0	0	0	0	0	0	230558.4136	209657.6848	95920.99521	0	0	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																				
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																				
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG -3DG1CAP																				
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	207.5981577	11920.62883	106905.8803	6076.676304	82508.54351	95.59097403	100.2899182	2	32	4552163.247	-3659279.211	-2707741.841	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
2	100.2899182	71.07713242	2485.563707	0	2371.894635	0	95.59097403	100.2899182	2	32	4565360.798	-3671199.84	-2713818.518	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
3	100.1488339	66.71735202	20086.50795	0	18099.49001	0	95.59097403	100.2899182	2	32	1560882.199	1533013.61	293636.6974	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
4	99.7633554	62.31916546	4771.098894	0	5573.855216	0	95.59097403	100.2899182	2	32	1459500.277	1437215.018	254074.8893	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
5	99.40040765	31.66564362	2132.469708	0	2819.528646	0	95.59097403	100.2899182	2	32	1358326.356	1341500.744	213134.3285	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
6	98.48513165	28.02036403	2355.422401	0	1177.711201	0	95.59097403	100.2899182	2	32	683838.1453	674480.9016	-112739.1785	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
7	97.5882705	25.89795733	2953.781269	0	2323.990031	0	95.59097403	100.2899182	2	32	599605.6653	576658.0668	-164293.7245	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
8	97.6946524	24.03819566	938.866065	0	1235.815395	0	95.59097403	100.2899182	2	32	554792.5697	517469.2222	-200050.9922	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
9	97.55272541	16.73110168	496.3154707	0	441.7291668	0	95.59097403	100.2899182	2	32	514204.1838	456942.4941	-235816.6656	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
10	97.45885568	13.94970638	435.6771965	0	318.1616938	0	95.59097403	100.2899182	2	32	357552.7968	330220.8486	137106.5048	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
11	97.45194299	10.99068986	467.1152847	0	623.6659465	0	95.59097403	100.2899182	2	32	298091.7125	270122.938	126064.5369	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
12	97.60127238	8.035575108	141.7967462	0	111.1903447	0	95.59097403	100.2899182	2	32	235220.2816	211179.2317	103594.9467	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
13	97.26968015	3.409219838	17.43416986	0	17.43416986	0	95.59097403	100.2899182	2	32	171391.305	150758.387	81528.45017	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
14	97.22315779	29.26037171	2568.508058	0	1284.254029	0	95.59097403	100.2899182	2	32	72680.69352	60359.96975	40486.50716	2274799.054	1933579.196	1198324.76	2	453829.3208	14	
15	97.05303394	8.384299982	217.2161423	0	156.0581993	0	0	0	0	0	622706.3412	566332.4288	258903.0079	0	0	0	0	0	0	
16	96.8805736	5.442119208	92.75938374	0	65.74898847	0	0	0	0	0	178113.9123	165125.6748	66768.83463	0	0	0	0	0	0	
17	96.5941727	2.530919574	3.777995685	0	1.249083009	0	0	0	0	0	115269.2085	104970.8971	47624.5858	0	0	0	0	0	0	
18	96.49346802	10.4494512	234.0182163	0	77.01243372	0	0	0	0	0	53551.3709	45105.03678	28866.67599	0	0	0	0	0	0	
19	100.1048217	21.23980782	667.2204363	0	339.8358044	0	0	0	0	0	229373.2729	203752.8583	105341.6873	0	0	0	0	0	0	
20	98.54535118	71.42633971	5601.690761	0	2852.882945	0	0	0	0	0	458966.5739	263378.3381	375875.2014	0	0	0	0	0	0	
21	98.14215264	64.93329058	4820.532633	0	2455.170255	0	0	0	0	0	1537121.891	1137943.015	1033358.312	0	0	0	0	0	0	
22	97.91562971	62.00765049	9447.039003	0	8155.136233	0	0	0	0	0	1394163.685	1020674.599	949692.4478	0	0	0	0	0	0	
23	99.79705638	47.56364835	3062.250152	0	2092.401866	0	0	0	0	0	1356929.676	960708.5698	958278.2419	0	0	0	0	0	0	
24	99.14260269	42.86668789	4950.367595	0	3909.026349	0	0	0	0	0	1034022.07	930721.9364	450508.9551	0	0	0	0	0	0	
25	98.81643355	21.46866025	1238.908266	0	969.4180642	0	0	0	0	0	928845.4057	838763.6587	399035.4779	0	0	0	0	0	0	
26	98.31050884	59.4056516	2149.180148	0	1094.705553	0	0	0	0	0	462806.2552	416584.5256	201610.9196	0	0	0	0	0	0	
27	98.07925593	56.66015245	2737.163913	0	1393.622865	0	0	0	0	0	1277612.815	879748.3199	926465.0016	0	0	0	0	0	0	
28	97.04682584	53.93829434	9242.971897	0	8149.351143	0	0	0	0	0	1205739.273	810001.6031	893143.1006	0	0	0	0	0	0	
29	96.30771008	51.40577368	6375.424736	0	5554.119087	0	0	0	0	0	1139075.73	743809.9878	862693.5847	0	0	0	0	0	0	
30	95.99289943	45.31027516	3125.724526	0	1592.117813	0	0	0	0	0	1082045.05	680659.1475	841144.8236	0	0	0	0	0	0	
31	95.6570908	18.98793253	1053.935152	0	1041.60463	0	0	0	0	0	950403.8813	560149.5897	767789.0171	0	0	0	0	0	0	
32	95.59097403	11.09652703	114.5136083	0	133.6854027	0	0	0	0	0	398005.3408	359917.1936	169905.4592	0	0	0	0	0	0	
33	96.46112704	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234711.1603	215981.6416	91876.32595	0	0	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																				
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																				
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG -3DG2CAP																				
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	173.3595178	8312.804302	80250.47342	4237.546662	63783.61293	96.39418466	100.2256535	2	33	3801386.459	-2432862.15	-2920910.95	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
2	100.2256535	71.1256085	2488.955274	0	2375.1311	0	96.39418466	100.2256535	2	33	3809964.42	-2441174.95	-2925148.5	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
3	100.0892896	66.76299583	20114.0012	0	18124.26355	0	96.39418466	100.2256535	2	33	1561018.085	1533973.682	289313.3369	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
4	99.82392486	62.36186919	4777.639851	0	5581.496716	0	96.39418466	100.2256535	2	33	1461385.489	1440341.496	247111.1579	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
5	99.58603792	31.68739406	2135.400207	0	2823.403321	0	96.39418466	100.2256535	2	33	1361795.551	1346471.621	203718.6718	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
6	99.11973539	28.03961119	2358.659387	0	1179.329694	0	96.39418466	100.2256535	2	33	688717.2993	677831.5422	-121966.876	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
7	97.52213488	25.91572662	2957.835999	0	2327.180232	0	96.39418466	100.2256535	2	33	599610.9017	576667.2243	-164280.692	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
8	97.62858892	24.05467034	940.1534176	0	1237.509918	0	96.39418466	100.2256535	2	33	554797.8065	517479.4817	-200038.977	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
9	97.48656548	16.74266913	497.0019871	0	442.3401782	0	96.39418466	100.2256535	2	33	514207.6253	456952.0174	-235805.716	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
10	97.3926319	13.95936744	436.2808739	0	318.602541	0	96.39418466	100.2256535	2	33	357556.8727	330221.2095	137116.2645	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
11	97.38571452	10.99831453	467.7636213	0	624.5315691	0	96.39418466	100.2256535	2	33	298095.4362	270123.1558	126072.8749	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
12	97.53512747	8.041153339	141.9936828	0	111.3447732	0	96.39418466	100.2256535	2	33	235223.9424	211180.8704	103599.9182	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
13	97.20330045	3.411587422	17.4583931	0	17.45839311	0	96.39418466	100.2256535	2	33	171393.2398	150759.4412	81530.56813	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
14	97.15674398	29.28021125	2571.992312	0	1285.996156	0	96.39418466	100.2256535	2	33	72681.48456	60360.46925	40487.18254	1807323.162	1536224.688	952066.5528	2	971028.7453	30	
15	96.98650234	8.389997367	217.5114524	0	156.2703639	0	0	0	0	0	622701.3916	566333.8982	258887.8886	0	0	0	0	0	0	
16	96.81392248	5.445819921	92.88558182	0	65.83843923	0	0	0	0	0	178112.3254	165125.7415	66764.43627	0	0	0	0	0	0	
17	96.52732268	2.53264076	3.783135986	0	1.250782498	0	0	0	0	0	115267.7643	104970.7791	47621.35043	0	0	0	0	0	0	
18	96.4265481	10.4565376	234.3357275	0	77.11692268	0	0	0	0	0	53550.62516	45105.14225	28865.1277	0	0	0	0	0	0	
19	100.0404278	33.02278508	1612.855911	0	821.4769152	0	0	0	0	0	229381.177	203758.0047	105348.9434	0	0	0	0	0	0	
20	98.47987144	51.20204074	2878.570575	0	1466.026107	0	0	0	0	0	713108.3209	614252.6876	-362239.028	0	0	0	0	0	0	
21	98.07639258	45.58111113	2375.363173	0	1209.808428	0	0	0	0	0	1101148.996	1099028.077	68311.03688	0	0	0	0	0	0	
22	97.84970561	42.85361418	4512.114033	0	3895.072798	0	0	0	0	0	977999.7959	977907.312	-13449.5325	0	0	0	0	0	0	
23	99.73729803	47.59257576	3065.976103	0	2094.947767	0	0	0	0	0	937215.3368	936824.4534	-27065.3133	0	0	0	0	0	0	
24	99.08244548	42.89280051	4956.400552	0	3913.790236	0	0	0	0	0	1034023.145	930722.8262	450509.5841	0	0	0	0	0	0	
25	98.75607696	21.48178122	1240.423092	0	970.6033816	0	0	0	0	0	928843.5403	838762.1521	399034.3026	0	0	0	0	0	0	
26	99.01190195	40.13982808	981.2243313	0	499.7960388	0	0	0	0	0	466393.0018	421993.9852	198603.8988	0	0	0	0	0	0	
27	98.87402551	37.47474067	1197.354086	0	609.6310213	0	0	0	0	0	870266.0816	868601.4474	-53801.2851	0	0	0	0	0	0	
28	98.43615352	34.86081232	3860.932599	0	3404.110263	0	0	0	0	0	808886.5314	804664.4512	-82538.1222	0	0	0	0	0	0	
29	98.14422984	32.26801527	2512.058976	0	2188.446305	0	0	0	0	0	750233.7667	742186.4451	-109590.079	0	0	0	0	0	0	
30	97.99569656	27.72047316	1169.926503	0	595.9133024	0	0	0	0	0	693383.641	681049.9218	-130199.376	0	0	0	0	0	0	
31	97.6668071	18.59690677	1010.973933	0	999.1460363	0	0	0	0	0	593665.7062	559001.6222	-199890.363	0	0	0	0	0	0	
32	97.60205284	10.8678844	109.8431475	0	128.2330164	0	0	0	0	0	398010.014	359920.5453	169909.3062	0	0	0	0	0	0	
33	96.39418466	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229715.4351	208558.2158	96294.60914	0	0	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN STANDAR - SISTEM IEEE 33 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3 FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG- 3DG3CAP																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	177.3194689	8696.910874	79224.6522	4433.349361	62878.04649	96.7504847	100.2248396	2	33	3888219.329	-2314906.837	-3124012.786	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
2	100.2248396	69.80614033	2397.465436	0	2287.825249	0	96.7504847	100.2248396	2	33	3896961.585	-2323603.748	-3128446.135	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
3	100.0896645	65.71275385	19486.15597	0	17558.52667	0	96.7504847	100.2248396	2	33	1532065.005	1532012.691	12660.74345	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
4	99.82430086	61.64689109	4668.716682	0	5454.246792	0	96.7504847	100.2248396	2	33	1438401.999	1438113.241	-28820.43529	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
5	99.58641486	31.57196812	2119.87153	0	2802.871471	0	96.7504847	100.2248396	2	33	1346187.677	1344276.791	-71701.95969	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
6	99.1201142	27.93746977	2341.506651	0	1170.753326	0	96.7504847	100.2248396	2	33	686211.1689	675781.1018	-119187.5445	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
7	97.96225703	25.82142753	2936.349911	0	2310.275306	0	96.7504847	100.2248396	2	33	600122.8819	576843.3979	-165526.9395	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
8	98.06823278	23.96724115	933.3316671	0	1228.53055	0	96.7504847	100.2248396	2	33	555268.3643	517531.8421	-201205.7374	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
9	97.92684879	16.68128443	493.3642883	0	439.1025647	0	96.7504847	100.2248396	2	33	514652.5845	456891.5	-236891.1985	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
10	97.83333839	13.90809972	433.0821537	0	316.2666138	0	96.7504847	100.2248396	2	33	357857.9698	330761.3689	136598.8411	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
11	97.82645218	10.95783551	464.3282987	0	619.9449204	0	96.7504847	100.2248396	2	33	298344.7723	270590.2763	125660.2782	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
12	97.88719576	8.011552016	140.9501846	0	110.5265109	0	96.7504847	100.2248396	2	33	235204.5456	211172.1876	103573.575	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
13	97.55661458	3.399023673	17.33004289	0	17.3300429	0	96.7504847	100.2248396	2	33	171382.9882	150753.8554	81519.34565	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
14	97.51023907	26.30058019	2075.161555	0	1037.580778	0	96.7504847	100.2248396	2	33	72677.29313	60357.82259	40483.60394	1810694.329	1539090.179	953842.4249	2	275934.1543	8
15	97.34062251	8.352227352	215.5574784	0	154.8665379	0	0	0	0	0	561375.9222	561198.531	-14111.51395	0	0	0	0	0	0
16	97.16867692	5.421286665	92.05057339	0	65.24657502	0	0	0	0	0	177960.2183	164857.3632	67021.55708	0	0	0	0	0	0
17	96.88313255	2.52123045	3.749124439	0	1.239537582	0	0	0	0	0	115171.4615	104791.7267	47782.41885	0	0	0	0	0	0
18	96.78272896	10.40955875	232.2348233	0	76.42554168	0	0	0	0	0	53506.27784	45012.40716	28927.58148	0	0	0	0	0	0
19	100.0667831	32.9484838	1605.606223	0	817.7844271	0	0	0	0	0	228410.7776	202360.8752	105931.8627	0	0	0	0	0	0
20	98.74481697	51.20184119	2878.548139	0	1466.014681	0	0	0	0	0	713418.0227	611936.6837	-366740.7399	0	0	0	0	0	0
21	98.42641885	45.58093309	2375.344616	0	1209.798977	0	0	0	0	0	1105074.596	1103183.953	64614.47067	0	0	0	0	0	0
22	98.20060226	42.8534466	4512.078745	0	3895.042335	0	0	0	0	0	981503.1454	981356.4214	-16970.52248	0	0	0	0	0	0
23	99.73767434	47.59239349	3065.952619	0	2094.931721	0	0	0	0	0	937215.208	936824.3213	-27065.42251	0	0	0	0	0	0
24	99.08282429	42.89263598	4956.362527	0	3913.76021	0	0	0	0	0	1034023.138	930722.8206	450509.5801	0	0	0	0	0	0
25	98.75645703	21.48169854	1240.413544	0	970.5959107	0	0	0	0	0	928843.5521	838762.1616	399034.31	0	0	0	0	0	0
26	99.01228118	40.13967096	981.2166496	0	499.792126	0	0	0	0	0	466392.9932	421993.9706	198603.9096	0	0	0	0	0	0
27	98.87440529	37.47459386	1197.344705	0	609.6262449	0	0	0	0	0	870266.0177	868601.38	-53801.34178	0	0	0	0	0	0
28	98.43653505	34.86067567	3860.902332	0	3404.083577	0	0	0	0	0	808886.4978	804664.4146	-82538.14962	0	0	0	0	0	0
29	98.14461253	32.26788875	2512.039276	0	2188.429143	0	0	0	0	0	750233.7514	742186.428	-109590.0901	0	0	0	0	0	0
30	97.99607983	27.7203645	1169.91733	0	595.9086304	0	0	0	0	0	693383.6341	681049.9136	-130199.3827	0	0	0	0	0	0
31	97.66719167	18.59683349	1010.965965	0	999.1381618	0	0	0	0	0	593665.7166	559001.63	-199890.3718	0	0	0	0	0	0
32	97.60243766	10.86784155	109.8422813	0	128.2320052	0	0	0	0	0	398010.0149	359920.5459	169909.3069	0	0	0	0	0	0
33	96.7504847	0	0	0	0	0	0	0	0	0	230563.619	209658.8312	95931.00074	0	0	0	0	0	0

## **Lampiran – 23**

**Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS**

**Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank -**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 1 FO - 1 ,2 & 3 Unit DG ; 1 ,2 & 3 Kapasitor Bank**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																				
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																				
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN (SINGLE/TUNGGAL)- 1DG1CAP																				
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	137.816199	1223.700635	4978.307275	611.8503177	2489.244249	99.94588034	100	1	33	4774093.175	4672691.797	-978732.3518	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
2	99.97754131	133.6932137	109.3344957	0	54.69405867	0	99.94588034	100	1	33	4773020.976	4671468.096	-979344.2021	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
3	99.97552275	130.4847182	69.0074386	0	34.47817991	0	99.94588034	100	1	33	4630135.167	4501358.762	-1084398.896	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
4	99.97424522	124.2596939	463.2141455	0	231.6070728	0	99.94588034	100	1	33	4518959.082	4365289.754	-1168433.374	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
5	99.97516241	7.236518251	0.388355128	0	0.194177564	0	99.94588034	100	1	33	4303412.932	3658912.561	2265330.382	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
6	99.97824098	36.56091405	7.555030867	0	3.777515433	0	99.94588034	100	1	33	250625.8	213050.0558	131996.0808	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
7	99.98248403	34.38140824	33.35596823	0	16.67798411	0	99.94588034	100	1	33	1266285.373	1076423.976	666925.8358	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
8	99.989201	32.07321728	13.64661835	0	6.823309173	0	99.94588034	100	1	33	1190878.301	1012559.891	626828.2035	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
9	99.99038847	103.9447881	92.15174233	0	46.09207794	0	99.94588034	100	1	33	1110942.049	944549.1602	584824.0081	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
10	99.99402758	105.8933754	282.1741724	0	141.0870862	0	99.94588034	100	1	33	3600538.031	491981.6195	-3566767.192	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
11	99.99105261	107.2087729	370.3621713	0	185.1983262	0	99.94588034	100	1	33	3667925.914	355755.1347	-3650632.656	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
12	99.98569774	109.9921664	540.8655572	0	270.4327786	0	99.94588034	100	1	33	3713289.673	270727.6306	-3703407.451	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
13	99.97548907	110.7171886	93.95983774	0	46.99830631	0	99.94588034	100	1	33	3809306.489	100718.6161	-3807974.749	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
14	99.97160883	114.6010938	268.3155808	0	134.1577904	0	99.94588034	100	1	33	3834267.017	58732.5106	-3833817.164	5549748.836	4717286.51	2923511.607	10	3869709.989	11	
15	99.96886594	2.891829526	0.067060315	0	0.033517613	0	0	0	0	0	3968662.352	-154225.382	-3965664.559	0	0	0	0	0	0	
16	99.96478922	38.85689046	32.9118833	0	16.45594165	0	0	0	0	0	100140.6406	84976.19866	52982.95536	0	0	0	0	0	0	
17	99.96467821	2.178874452	0.01199217	0	0.005996085	0	0	0	0	0	1345566.724	1143742.756	708803.4407	0	0	0	0	0	0	
18	99.95711337	36.67803253	10.45684644	0	5.226405302	0	0	0	0	0	75446.05491	63959.79017	40015.65248	0	0	0	0	0	0	
19	99.95848091	32.06312344	22.05462546	0	11.02577066	0	0	0	0	0	1270036.79	1079372.103	669290.1553	0	0	0	0	0	0	
20	99.96159917	109.4542398	175.8937459	0	87.94687297	0	0	0	0	0	1110272.659	943484.934	585270.4992	0	0	0	0	0	0	
21	99.96226333	2.891917016	0.112225566	0	0.056125328	0	0	0	0	0	3790175.264	3333809.179	-1803093.147	0	0	0	0	0	0	
22	99.95969885	110.3163437	183.7867442	0	91.89337211	0	0	0	0	0	100138.5708	84946.90305	53026.00329	0	0	0	0	0	0	
23	99.95783726	107.4242904	341.1794545	0	170.6070372	0	0	0	0	0	3819859.007	3246778.903	2012398.963	0	0	0	0	0	0	
24	99.95445239	14.43141994	2.298005735	0	1.149002867	0	0	0	0	0	3719591.621	3161715.901	1959314.776	0	0	0	0	0	0	
25	99.95248644	92.99287062	112.255456	0	56.14069952	0	0	0	0	0	499681.5217	424774.7248	263150.2543	0	0	0	0	0	0	
26	99.94977725	5.769731176	0.173872614	0	0.086886372	0	0	0	0	0	3219749.674	2736797.145	1696092.377	0	0	0	0	0	0	
27	99.94812664	87.22314264	74.42785689	0	37.22534026	0	0	0	0	0	199765.6719	169908.3809	105059.344	0	0	0	0	0	0	
28	99.94773838	19.92996381	6.114152823	0	3.057672217	0	0	0	0	0	3019919.209	2566830.484	1591003.864	0	0	0	0	0	0	
29	99.94720777	67.29318267	85.355292	0	42.67085344	0	0	0	0	0	690029.7239	586700.2439	363213.2206	0	0	0	0	0	0	
30	99.94714011	62.94951576	63.61228455	0	31.80019831	0	0	0	0	0	2329872.008	1980114.435	1227782.717	0	0	0	0	0	0	
31	99.94652305	4.343672753	0.149996569	0	0.074998285	0	0	0	0	0	2179469.055	1852163.406	1148728.026	0	0	0	0	0	0	
32	99.94600662	32.07321728	4.018068088	0	2.009034044	0	0	0	0	0	150387.9946	127937.4167	79047.87354	0	0	0	0	0	0	
33	99.94588034	80.46226966	64.19146335	0	32.10544294	0	0	0	0	0	1110447.542	943891.9859	584945.8628	0	0	0	0	0	0	
34	99.99395307	2.892823166	0.082972943	0	0.041499024	0	0	0	0	0	2787126.237	2370715.221	1465531.303	0	0	0	0	0	0	
35	99.99130524	77.56946385	44.9291012	0	22.45552507	0	0	0	0	0	100201.621	85051.12796	52978.01885	0	0	0	0	0	0	
36	99.99038898	77.56946385	81.68106988	0	40.84956047	0	0	0	0	0	2686826.794	2285575.646	1412509.181	0	0	0	0	0	0	
37	99.98817824	57.63682317	35.24977793	0	17.62987197	0	0	0	0	0	2686767.389	2285522.257	1412482.572	0	0	0	0	0	0	
38	99.99128756	11.85394576	2.232097136	0	1.115837794	0	0	0	0	0	1996424.17	1698213.763	1049656.84	0	0	0	0	0	0	
39	99.99092791	4.344207967	0.167641245	0	0.083848931	0	0	0	0	0	410595.4734	349246.0608	215906.9981	0	0	0	0	0	0	
40	99.97497724	41.4386724	34.92710703	0	17.46355351	0	0	0	0	0	150450.1222	128067.905	78954.74001	0	0	0	0	0	0	
41	99.97151197	36.8218857	18.91005761	0	9.452995029	0	0	0	0	0	1435068.781	1220668.829	754579.3633	0	0	0	0	0	0	
42	99.96787978	5.771106437	0.786346857	0	0.393173429	0	0	0	0	0	1275137.828	1084556.296	670607.2781	0	0	0	0	0	0	
43	99.96154139	31.05078255	3.751511919	0	1.874309733	0	0	0	0	0	199840.106	170074.4797	104932.07	0	0	0	0	0	0	
44	99.95671071	9.962356945	1.060272323	0	0.529987288	0	0	0	0	0	1075165.027	914095.1256	566047.6452	0	0	0	0	0	0	
45	99.96209084	21.08843949	3.480841286	0	1.741087727	0	0	0	0	0	344975.341	293045.5054	182022.8493	0	0	0	0	0	0	
46	99.95960668	4.61690886	0.046553811	0	0.023276905	0	0	0	0	0	730229.8897	621085.3035	384042.6247	0	0	0	0	0	0	
47	99.95188122	16.47153141	0.346735901	0	0.173367951	0	0	0	0	0	159857.4559	136006.7625	84003.37355	0	0	0	0	0	0	
48	99.95236238	11.85462231	2.275776342	0	1.137888171	0	0	0	0	0	570318.7698	485030.3181	300015.1491	0	0	0	0	0	0	
49	99.94768865	7.237686474	1.162927142	0	0.581463571	0	0	0	0	0	410441.343	349005.5762	216002.7867	0	0	0	0	0	0	
50	99.94739637	2.89322046	0.113707923	0	0.056853962	0	0	0	0	0	250588.9258	213003.2413	132001.6246	0	0	0	0	0	0	
51	99.94717536	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1537	85001.16412	53000.58609	0	0	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																			
JARINGAN- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN (SINGLE/TUNGGAH)- 1DG2CAP																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	163.0116175	1712.031548	5240.730859	856.0157742	2620.449298	99.95414994	100	1	33	5646888.073	4968033.814	-2684396.568	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
2	99.98053674	160.2139226	157.0142205	0	78.54561301	0	99.95414994	100	1	33	5645789.005	4966321.782	-2685252.584	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
3	99.97880303	158.0918204	101.2967249	0	50.61087292	0	99.95414994	100	1	33	5548796.653	4796164.768	-2790331.13	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
4	99.97771388	106.1978678	338.3396139	0	169.169807	0	99.95414994	100	1	33	5475240.812	4660063.471	-2874381.741	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
5	99.97835636	7.23609615	0.388309825	0	0.194154912	0	99.95414994	100	1	33	3678005.828	3658678.907	376557.4702	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
6	99.98062446	36.55878127	7.554149445	0	3.777074723	0	99.95414994	100	1	33	250617.1558	213036.3398	132001.8056	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
7	99.98382964	34.37940259	33.35207667	0	16.67603834	0	99.95414994	100	1	33	1266228.546	1076342.86	666948.8573	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
8	99.98910666	32.07134627	13.64502623	0	6.822513113	0	99.95414994	100	1	33	1190807.708	1012468.205	626842.1899	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
9	99.99004722	100.2991757	85.80109738	0	42.91563858	0	99.95414994	100	1	33	1110873.45	944461.1634	584835.8179	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
10	99.99302828	101.8641113	261.1091418	0	130.5545709	0	99.95414994	100	1	33	3474223.137	787046.0696	-3383900.839	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
11	99.99005328	102.9496882	341.1599221	0	170.775859	0	99.95414994	100	1	33	3528325.336	650824.601	-3467781.281	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
12	99.98469835	105.2974843	495.6804659	0	247.840233	0	99.95414994	100	1	33	3565736.112	565783.4447	-3520562.898	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
13	99.97448959	105.9197634	85.99360651	0	43.01363175	0	99.95414994	100	1	33	3646681.332	395746.8211	-3625144.024	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
14	99.97060931	109.3120029	244.1203985	0	122.0601992	0	99.95414994	100	1	33	3668089.841	353749.0222	-3650992.292	5202596.373	4422206.917	2740637.7	10	1888669.329	24
15	99.96786638	2.891858426	0.067061655	0	0.033518283	0	0	0	0	0	3785462.061	140784.0613	-3782843.224	0	0	0	0	0	0
16	99.96378962	38.85727883	32.9125412	0	16.4562706	0	0	0	0	0	100140.64	84976.19818	52982.95502	0	0	0	0	0	0
17	99.96367861	2.178896228	0.011992409	0	0.005996205	0	0	0	0	0	1345566.717	1143742.75	708803.4368	0	0	0	0	0	0
18	99.96294471	36.67839912	10.45705547	0	5.226509776	0	0	0	0	0	75451.21039	63966.2152	40015.10294	0	0	0	0	0	0
19	99.96431218	32.06344391	22.05506633	0	11.02599107	0	0	0	0	0	1270123.575	1079480.221	669280.4704	0	0	0	0	0	0
20	99.96743026	109.4553341	175.8972629	0	87.94863143	0	0	0	0	0	1110348.523	943579.4492	585262.0482	0	0	0	0	0	0
21	99.96809438	2.891945919	0.11222781	0	0.05612645	0	0	0	0	0	3790434.248	3333944.408	-1803387.499	0	0	0	0	0	0
22	99.96631084	110.3174468	183.7904197	0	91.89520987	0	0	0	0	0	100146.1955	84956.92141	53024.35271	0	0	0	0	0	0
23	99.96503698	107.4253646	341.1862777	0	170.6104492	0	0	0	0	0	3820172.341	3247203.637	2012308.439	0	0	0	0	0	0
24	99.96272128	14.43156421	2.298051684	0	1.149025842	0	0	0	0	0	3719936.528	3162205.2	1959179.942	0	0	0	0	0	0
25	99.9607555	92.99380053	112.2577011	0	56.14182232	0	0	0	0	0	499727.8563	424840.4542	263132.132	0	0	0	0	0	0
26	99.95804653	5.769788863	0.173876091	0	0.08688811	0	0	0	0	0	3220048.257	2737220.718	1695975.685	0	0	0	0	0	0
27	99.95639607	87.22401486	74.42934544	0	37.22608476	0	0	0	0	0	199784.1974	169934.6538	105052.0774	0	0	0	0	0	0
28	99.95600783	19.93016309	6.114275094	0	3.057733364	0	0	0	0	0	3020199.272	2567227.785	1590894.447	0	0	0	0	0	0
29	99.95547727	67.29385561	85.35699914	0	42.67170688	0	0	0	0	0	690093.7161	586791.0107	363188.17	0	0	0	0	0	0
30	99.95540961	62.95014527	63.61355683	0	31.80083433	0	0	0	0	0	2330088.08	1980420.969	1227698.353	0	0	0	0	0	0
31	99.95479261	4.343716188	0.149999569	0	0.074999785	0	0	0	0	0	2179671.181	1852450.164	1148649.14	0	0	0	0	0	0
32	99.95427622	32.07134627	4.017599309	0	2.008799655	0	0	0	0	0	150401.9417	127957.1944	79042.39672	0	0	0	0	0	0
33	99.95414994	69.49567254	47.88596489	0	23.95022692	0	0	0	0	0	1110474.637	943943.5379	584914.1113	0	0	0	0	0	0
34	99.99295377	2.892631828	0.082961967	0	0.041493534	0	0	0	0	0	2407231.084	2369665.873	-423609.6565	0	0	0	0	0	0
35	99.99030592	67.37584653	33.89648157	0	16.94143153	0	0	0	0	0	100193.9921	85041.10547	52979.67934	0	0	0	0	0	0
36	99.98938964	67.37584653	61.62377625	0	30.81869738	0	0	0	0	0	2333720.146	2284542.506	-476566.1075	0	0	0	0	0	0
37	99.98717888	57.63205491	35.24394578	0	17.62695507	0	0	0	0	0	2333668.547	2284492.959	-476550.9518	0	0	0	0	0	0
38	99.99028823	11.85296515	2.231727855	0	1.115653188	0	0	0	0	0	1996239.056	1697951.233	1049729.479	0	0	0	0	0	0
39	99.98992858	4.3438486	0.167613511	0	0.083835059	0	0	0	0	0	410557.4041	349192.0684	215921.9336	0	0	0	0	0	0
40	99.97397775	41.43524411	34.92132811	0	17.46066406	0	0	0	0	0	150436.1725	128048.1276	78960.2369	0	0	0	0	0	0
41	99.97051245	36.81883934	18.9069288	0	9.45143096	0	0	0	0	0	1434935.708	1220480.107	754631.5624	0	0	0	0	0	0
42	99.96688022	5.770628988	0.786216752	0	0.393108376	0	0	0	0	0	1275019.585	1084388.6	670653.6404	0	0	0	0	0	0
43	99.96054177	31.04821365	3.750891201	0	1.873999613	0	0	0	0	0	199821.5748	170048.2054	104939.3615	0	0	0	0	0	0
44	99.96254208	9.961532744	1.060096894	0	0.529899599	0	0	0	0	0	1075138.795	914045.2234	566078.4026	0	0	0	0	0	0
45	99.9679219	21.08669478	3.480265351	0	1.740799648	0	0	0	0	0	344966.9223	293029.4787	182032.6952	0	0	0	0	0	0
46	99.96621868	4.616526895	0.046546108	0	0.023273054	0	0	0	0	0	730217.774	621062.2702	384056.837	0	0	0	0	0	0
47	99.96015033	16.47016867	0.346678531	0	0.173393265	0	0	0	0	0	159857.4547	136006.7614	84003.373	0	0	0	0	0	0
48	99.96063145	11.85364153	2.275399792	0	1.137699896	0	0	0	0	0	570318.7642	485030.3131	300015.1466	0	0	0	0	0	0
49	99.9559581	7.237087672	1.162734723	0	0.581367362	0	0	0	0	0	410441.342	349005.5752	216002.7862	0	0	0	0	0	0
50	99.95566585	2.892981092	0.113689109	0	0.056844555	0	0	0	0	0	250588.9252	213003.2408	132001.6244	0	0	0	0	0	0
51	99.95544486	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1535	85001.16392	53000.58599	0	0	0	0	0	0

536



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																				
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																				
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN (SINGLE/TUNGKAL)- 2DG1CAP																				
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP	
1	100	95.57193861	588.4850584	3629.640545	294.24253	1814.89662	99.9831181	100.0155973	10	43	3310709.069	2023231.428	-2620558.934	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
2	99.99617406	95.14634628	55.37614401	0	27.70165132	0	99.9831181	100.0155973	10	43	3310582.403	2022642.943	-2620853.177	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
3	99.99592478	95.05694416	36.6221891	0	18.29754087	0	99.9831181	100.0155973	10	43	3295831.8	1852587.567	-2725880.878	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
4	99.99581917	34.27444373	35.24212478	0	17.6210624	0	99.9831181	100.0155973	10	43	3292731.469	1716550.945	-2809899.176	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
5	99.99673617	7.234328991	0.388120186	0	0.194060093	0	99.9831181	100.0155973	10	43	1187262.807	1010106.126	623921.9398	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
6	99.99981408	36.5498522	7.550459864	0	3.775229934	0	99.9831181	100.0155973	10	43	250604.0415	213030.5062	131986.3215	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
7	100.0040562	34.37100576	33.33578683	0	16.66789343	0	99.9831181	100.0155973	10	43	1266175.377	1076325.119	666876.5436	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
8	100.0107717	32.06351315	13.6383617	0	6.819180853	0	99.9831181	100.0155973	10	43	1190774.819	1012466.833	626781.9255	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
9	100.011959	103.9223745	92.11200519	0	46.0722025	0	99.9831181	100.0155973	10	43	1110845.506	944462.3402	584780.8367	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
10	100.0155973	105.8705427	282.0525012	0	141.0262509	0	99.9831181	100.0155973	10	43	3600538.151	491981.0724	-3566767.388	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
11	100.012623	107.1856572	370.2024782	0	185.1184727	0	99.9831181	100.0155973	10	43	3667926.123	355754.6852	-3650632.911	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
12	100.0072692	109.9684516	540.6323553	0	270.3161783	0	99.9831181	100.0155973	10	43	3713289.991	270727.193	-3703407.802	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
13	99.99706277	110.6933176	93.91932587	0	46.97804257	0	99.9831181	100.0155973	10	43	3809307.015	100718.1824	-3807975.287	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
14	99.99318337	114.576386	268.1998964	0	134.0999485	0	99.9831181	100.0155973	10	43	3834267.616	58732.07095	-3833817.77	3115425.531	2648111.702	1641152.235	26	3869709.989	11	
15	99.99044107	2.891205863	0.067031393	0	0.033503158	0	0	0	0	0	3968663.041	-154225.8398	-3965665.231	0	0	0	0	0	0	
16	99.98636523	38.84850955	32.89768751	0	16.44884378	0	0	0	0	0	100140.6532	84976.20892	52982.96272	0	0	0	0	0	0	
17	99.98625424	2.178404522	0.011986997	0	0.005993499	0	0	0	0	0	1345566.863	1143742.867	708803.5255	0	0	0	0	0	0	
18	99.9873655	36.67012154	10.4523361	0	5.224151014	0	0	0	0	0	75452.61198	63965.67423	40018.61037	0	0	0	0	0	0	
19	99.98873263	32.05620779	22.04511262	0	11.02101493	0	0	0	0	0	1270147.144	1079471.329	669339.5383	0	0	0	0	0	0	
20	99.99184995	109.4306262	175.8178595	0	87.90892998	0	0	0	0	0	1110369.109	943571.6498	585313.676	0	0	0	0	0	0	
21	99.9925139	2.891293297	0.112177163	0	0.056101121	0	0	0	0	0	3790504.308	3334083.753	-1803277.138	0	0	0	0	0	0	
22	99.99281682	110.292539	183.7074357	0	91.85371801	0	0	0	0	0	100150.1433	84957.29072	53031.21686	0	0	0	0	0	0	
23	99.99311429	107.4011095	341.0322254	0	170.5334156	0	0	0	0	0	3820382.547	3247249.521	2012633.437	0	0	0	0	0	0	
24	99.99365518	14.42830642	2.297014272	0	1.148507138	0	0	0	0	0	3720247.512	3162305.395	1959608.67	0	0	0	0	0	0	
25	99.9947576	92.97280328	112.207013	0	56.11647252	0	0	0	0	0	499784.9937	424867.7187	263196.6214	0	0	0	0	0	0	
26	99.99792926	5.768486296	0.173797592	0	0.086848883	0	0	0	0	0	3220605.688	2737566.319	1696476.246	0	0	0	0	0	0	
27	99.99627945	87.20432018	74.39573776	0	37.20927584	0	0	0	0	0	199818.7923	169956.1365	105083.1167	0	0	0	0	0	0	
28	99.99589137	19.9256634	6.111514527	0	3.056352818	0	0	0	0	0	3020722.149	2567551.942	1591363.983	0	0	0	0	0	0	
29	99.99536102	67.27860602	85.31845613	0	42.65243852	0	0	0	0	0	690213.2074	586865.1525	363295.4231	0	0	0	0	0	0	
30	99.99529339	62.93593103	63.58483196	0	31.78647465	0	0	0	0	0	2330491.477	1980670.995	1228060.639	0	0	0	0	0	0	
31	99.99467663	4.342735432	0.149931841	0	0.07496592	0	0	0	0	0	2180048.545	1852684.02	1148988.069	0	0	0	0	0	0	
32	99.99416045	32.06351315	4.015637026	0	2.007818514	0	0	0	0	0	150427.9834	127973.373	79065.75738	0	0	0	0	0	0	
33	99.99403423	9.509925258	0.896699496	0	0.448485407	0	0	0	0	0	1110646.414	944070.6025	585035.174	0	0	0	0	0	0	
34	100.0155228	2.891865051	0.08291799	0	0.041471539	0	0	0	0	0	329484.6117	-279156.8557	-175018.7399	0	0	0	0	0	0	
35	100.0128755	12.40178092	1.148455737	0	0.573997162	0	0	0	0	0	100190.0423	85040.73085	52972.81068	0	0	0	0	0	0	
36	100.0119595	12.40178092	2.087891606	0	1.04417651	0	0	0	0	0	429661.6721	-364186.248	-227985.8094	0	0	0	0	0	0	
37	100.0097492	32.3264728	11.08850395	0	5.545819482	0	0	0	0	0	429652.1766	-364177.7387	-227981.5069	0	0	0	0	0	0	
38	100.0128579	11.84893463	2.230210347	0	1.114894578	0	0	0	0	0	1119965.852	-951463.7475	-590796.2811	0	0	0	0	0	0	
39	100.0124983	4.342371519	0.167499539	0	0.083778054	0	0	0	0	0	410510.4363	349169.6	215868.962	0	0	0	0	0	0	
40	99.99655105	48.51774943	47.87979067	0	23.93989535	0	0	0	0	0	150418.9739	128039.881	78940.84231	0	0	0	0	0	0	
41	99.99308653	36.80415386	18.89184946	0	9.443892915	0	0	0	0	0	1680587.947	-1428424.954	-885425.3204	0	0	0	0	0	0	
42	99.98945512	5.76832736	0.785589709	0	0.392794855	0	0	0	0	0	1274798.848	1084251.554	670455.5701	0	0	0	0	0	0	
43	99.9831181	31.03582979	3.747899646	0	1.87250499	0	0	0	0	0	199786.9877	170026.7033	104908.3439	0	0	0	0	0	0	
44	99.98696297	9.957559542	1.059251414	0	0.529476978	0	0	0	0	0	1074972.518	913922.1962	565961.2481	0	0	0	0	0	0	
45	99.99234147	21.07828413	3.477489621	0	1.739411253	0	0	0	0	0	344913.5636	292990.0492	181995.0478	0	0	0	0	0	0	
46	99.99272468	4.614685564	0.046508985	0	0.023254493	0	0	0	0	0	730120.0585	620986.6096	383993.399	0	0	0	0	0	0	
47	99.99415264	16.46359934	0.346402032	0	0.173201016	0	0	0	0	0	159848.0497	135998.3079	83999.16226	0	0	0	0	0	0	
48	99.99463359	11.84891354	2.273585002	0	1.136792502	0	0	0	0	0	570285.2053	485000.1589	300000.1019	0	0	0	0	0	0	
49	99.99584166	7.234201044	1.161807357	0	0.580903679	0	0	0	0	0	410441.337	349005.5708	216002.784	0	0	0	0	0	0	
50	99.99554953	2.891827179	0.113598434	0	0.056799217	0	0	0	0	0	250588.9223	213003.2382	132001.6231	0	0	0	0	0	0	
51	99.99532862	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.1524	85001.163	53000.58552	0	0	0	0	0	0	

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																					
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																					
ADVANCED- OPF - 1 FO-DEV TEGANGAN (SINGLE/TUNGGAL)- 2DG2CAP																					
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP		
1	100	141.7674343	1294.874294	4398.924446	647.4371468	2199.53692	99.97758702	100.010068	10	43	4910967.981	2875127.621	-3981362.54	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
2	99.99525564	141.4703764	122.4248269	0	61.24243428	0	99.97758702	100.010068	10	43	4910734.987	2873832.747	-3982009.977	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
3	99.99491957	141.4019368	81.03773987	0	40.48887817	0	99.97758702	100.010068	10	43	4900428.62	2703710.322	-4087071.219	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
4	99.9947562	52.43969771	82.49765688	0	41.24882844	0	99.97758702	100.010068	10	43	4898049.921	2567629.284	-4171111.708	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
5	99.99539858	7.234366844	0.388124248	0	0.194062124	0	99.97758702	100.010068	10	43	1816480.828	1566197.344	-920124.1643	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
6	99.99766629	36.55004346	7.550538886	0	3.775269443	0	99.97758702	100.010068	10	43	250599.9703	213020.9017	131994.0928	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
7	100.0008709	34.37118562	33.33613572	0	16.66806786	0	99.97758702	100.010068	10	43	1266141.673	1076264.798	666909.9039	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
8	100.006147	32.06368093	13.63850444	0	6.819252218	0	99.97758702	100.010068	10	43	1190725.986	1012394.729	626805.6215	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
9	100.0070875	100.2820883	85.77186483	0	42.90101716	0	99.97758702	100.010068	10	43	1110797.211	944392.6139	584801.7048	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
10	100.010068	101.8467582	261.020187	0	130.5100935	0	99.97758702	100.010068	10	43	3474223.189	787045.6425	-3383900.992	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
11	100.0070935	102.9321508	341.4035766	0	170.7176808	0	99.97758702	100.010068	10	43	3528325.461	650824.2494	-3467781.475	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
12	100.0017395	105.2795478	495.5116108	0	247.7558054	0	99.97758702	100.010068	10	43	3565736.323	565783.1071	-3520563.165	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
13	99.99153247	105.9017211	85.96431276	0	42.99897914	0	99.97758702	100.010068	10	43	3646681.705	395746.496	-3625144.434	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
14	99.98765285	109.2933834	244.0372417	0	122.0186208	0	99.97758702	100.010068	10	43	3668090.27	353748.6964	-3650992.754	2461252.219	2092064.387	1296545.059	26	1888669.329	24		
15	99.98491039	2.89136571	0.067038805	0	0.033506863	0	0	0	0	0	3785462.56	140783.7235	-3782843.737	0	0	0	0	0	0	0	
16	99.98083433	38.85065761	32.90132566	0	16.45066283	0	0	0	0	0	100140.65	84976.20629	52982.96083	0	0	0	0	0	0	0	
17	99.98072334	2.178524967	0.011988323	0	0.005994161	0	0	0	0	0	1345566.827	1143742.838	708803.5038	0	0	0	0	0	0	0	
18	99.98684228	36.67214915	10.45349203	0	5.224728744	0	0	0	0	0	75456.38892	63970.8616	40017.43989	0	0	0	0	0	0	0	
19	99.98820942	32.0579803	22.0475506	0	11.02223373	0	0	0	0	0	1270210.728	1079558.576	669319.4869	0	0	0	0	0	0	0	
20	99.99132675	109.4366785	175.837308	0	87.918654	0	0	0	0	0	1110424.695	943647.9253	585296.1613	0	0	0	0	0	0	0	
21	99.99199072	2.891453159	0.112189568	0	0.056107325	0	0	0	0	0	3790694.115	3334161.282	-1803532.76	0	0	0	0	0	0	0	
22	99.99247227	110.2986402	183.7277612	0	91.86388059	0	0	0	0	0	100155.3356	84965.12459	53028.47206	0	0	0	0	0	0	0	
23	99.99290395	107.4070509	341.0699579	0	170.5522884	0	0	0	0	0	3820585.848	3247575.296	2012493.707	0	0	0	0	0	0	0	
24	99.99368941	14.42910443	2.297268368	0	1.148634184	0	0	0	0	0	3720454.587	3162670.752	1959412.168	0	0	0	0	0	0	0	
25	99.99414775	92.97794662	112.2194282	0	56.12268143	0	0	0	0	0	499809.5876	424913.9011	263168.7683	0	0	0	0	0	0	0	
26	99.99608486	5.768805363	0.173816819	0	0.086858491	0	0	0	0	0	3220724.45	2737828.267	1696278.975	0	0	0	0	0	0	0	
27	99.99443502	87.20914444	74.40396938	0	37.21339284	0	0	0	0	0	199826.1589	169972.3747	105070.8599	0	0	0	0	0	0	0	
28	99.99404694	19.92676561	6.11219068	0	3.056690954	0	0	0	0	0	3020833.539	2567797.645	1591178.972	0	0	0	0	0	0	0	
29	99.99351658	67.28238267	85.32789657	0	42.65715791	0	0	0	0	0	690238.6554	586921.2675	363253.1173	0	0	0	0	0	0	0	
30	99.99344894	62.93941285	63.59186762	0	31.78999176	0	0	0	0	0	2330577.417	1980860.581	1227917.935	0	0	0	0	0	0	0	
31	99.99283217	4.342975671	0.14994843	0	0.074974215	0	0	0	0	0	2180128.938	1852861.382	1148854.597	0	0	0	0	0	0	0	
32	99.99231598	32.06368093	4.015679053	0	2.007839527	0	0	0	0	0	150433.5301	127985.5953	79056.52654	0	0	0	0	0	0	0	
33	99.99218976	50.2719271	25.05784888	0	12.53271534	0	0	0	0	0	1110631.739	944084.6268	584984.6814	0	0	0	0	0	0	0	
34	100.0099935	2.891875016	0.082918561	0	0.041471825	0	0	0	0	0	1741644.673	276435.4068	-1719566.699	0	0	0	0	0	0	0	
35	100.0073461	51.46122427	19.77453953	0	9.883297377	0	0	0	0	0	100184.8483	85032.89643	52975.56369	0	0	0	0	0	0	0	
36	100.00643	51.46122427	35.95009697	0	17.97902087	0	0	0	0	0	1782783.726	191399.0804	-1772479.678	0	0	0	0	0	0	0	
37	100.0042196	13.44221093	1.91733379	0	0.958937934	0	0	0	0	0	1782744.323	191398.4323	-1772440.115	0	0	0	0	0	0	0	
38	100.0073284	11.8490069	2.230237551	0	1.114908177	0	0	0	0	0	465685.9707	-395149.9207	-246414.2112	0	0	0	0	0	0	0	
39	100.0069688	4.342398003	0.167501583	0	0.083779076	0	0	0	0	0	410490.2437	349131.6938	215891.8724	0	0	0	0	0	0	0	
40	99.99102072	29.63355273	17.86151908	0	8.930759541	0	0	0	0	0	150411.5723	128025.9994	78949.25304	0	0	0	0	0	0	0	
41	99.98755601	36.80483274	18.89254641	0	9.444241312	0	0	0	0	0	1026408.637	-872159.9334	-541157.7774	0	0	0	0	0	0	0	
42	99.9839244	5.768433759	0.78561869	0	0.392809345	0	0	0	0	0	1274751.848	1084147.947	670533.7462	0	0	0	0	0	0	0	
43	99.97758702	31.03640227	3.748037913	0	1.872574069	0	0	0	0	0	199779.6204	170010.4766	104920.6108	0	0	0	0	0	0	0	
44	99.98643975	9.957743215	1.059290491	0	0.529496511	0	0	0	0	0	1074986.722	913908.6347	566010.123	0	0	0	0	0	0	0	
45	99.99181828	21.07867293	3.477617913	0	1.739475422	0	0	0	0	0	344918.121	292985.6765	182010.7237	0	0	0	0	0	0	0	
46	99.99238013	4.614770685	0.046510701	0	0.02325535	0	0	0	0	0	730131.0103	620984.3129	384017.9363	0	0	0	0	0	0	0	
47	99.99354278	16.46390303	0.346414812	0	0.173207406	0	0	0	0	0	159850.0233	136000.0818	84000.04587	0	0	0	0	0	0	0	
48	99.99402374	11.8491321	2.273668881	0	1.13683444	0	0	0	0	0	570292.2465	485006.4858	300003.2586	0	0	0	0	0	0	0	
49	99.99399723	7.234334487	1.161850219	0	0.58092511																

539

ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN (SINGLE/TUNGGAL)- 3DG1CAP

Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	95.06871995	582.3042268	3616.52087	291.1521142	1808.337067	99.98546454	100.017943	10	43	3293277.063	1735112.573	-2799117.392	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
2	99.99820035	95.23539122	55.47984264	0	27.75352607	0	99.98546454	100.017943	10	43	3293217.796	1734530.268	-2799408.544	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
3	99.99814347	95.61946764	37.05691372	0	18.51474229	0	99.98546454	100.017943	10	43	3298989.478	1564474.789	-2904436.298	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
4	99.99816531	24.48865485	17.99082641	0	8.995413212	0	99.98546454	100.017943	10	43	3312294.752	1428437.732	-2988454.813	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
5	99.99908229	7.234090992	0.388094649	0	0.194047325	0	99.98546454	100.017943	10	43	848304.1013	721985.5607	445372.539	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
6	100.0021601	36.54864964	3.7549963023	0	3.774981514	0	99.98546454	100.017943	10	43	250601.6761	213028.3809	131985.2605	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
7	100.0064022	34.36987488	33.33359323	0	16.66679663	0	99.98546454	100.017943	10	43	1266163.419	1076314.372	666871.185	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
8	100.0131175	32.06245819	13.63746425	0	6.818732129	0	99.98546454	100.017943	10	43	1190763.569	1012456.716	626776.8945	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
9	100.0143047	103.9199376	92.10768538	0	46.07004184	0	99.98546454	100.017943	10	43	1110835.011	944452.9018	584776.1435	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
10	100.017943	105.8680603	282.0392743	0	141.0196375	0	99.98546454	100.017943	10	43	3600538.164	491981.0129	-3566767.409	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
11	100.0149687	107.183144	370.1851181	0	185.1097918	0	99.98546454	100.017943	10	43	3657926.146	355754.6363	-3650632.938	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
12	100.0096151	109.9658732	540.607004	0	270.3035027	0	99.98546454	100.017943	10	43	3713290.026	270727.1455	-3703407.84	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
13	99.99940888	110.6907222	93.91492185	0	46.97583969	0	99.98546454	100.017943	10	43	3809307.072	100718.1352	-3807975.345	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
14	99.99552957	114.5736997	268.1873204	0	134.0936605	0	99.98546454	100.017943	10	43	3834267.681	58732.02316	-3833871.836	338947.9247	288105.736	178551.8987	24	3869709.989	11
15	99.99278733	2.891138057	0.067028249	0	0.033501587	0	0	0	0	0	3968663.116	-154225.8896	-3965665.304	0	0	0	0	0	0
16	99.98871159	38.84759835	32.89614429	0	16.44807218	0	0	0	0</										

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN RIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																			
ADVANCED- OPF- 1 FO-DEV TEGANGAN (SINGLE/TUNGGAL)- 3DG2CAP																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	141.752862	1294.608114	4339.172674	647.3040571	2169.660752	99.98234	100.0148	10	43	4910463	2292066.4	-4342704	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
2	99.99935623	142.260962	123.7969545	0	61.9288345	0	99.98234	100.0148	10	43	4910432	2290771.8	-4343352	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
3	99.99940953	142.834079	82.68758002	0	41.31318765	0	99.98234	100.0148	10	43	4928035	2120648	-4448414	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
4	99.99950408	46.6247566	65.2160379	0	32.60801895	0	99.98234	100.0148	10	43	4947893	1984565.3	-4532455	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
5	100.0001464	7.23388522	0.388072571	0	0.194036286	0	99.98234	100.0148	10	43	1615131	983120.18	-1281454	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
6	100.002414	16.74613	1.585006589	0	0.792503294	0	99.98234	100.0148	10	43	250595.2	213016.6	131991.9	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
7	100.0056185	14.5674252	5.988138339	0	2.994069169	0	99.98234	100.0148	10	43	580135.6	493096.68	305635.3	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
8	100.0108944	12.2601236	1.994020811	0	0.997010405	0	99.98234	100.0148	10	43	504685.4	429145.91	265595.8	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
9	100.0118347	100.277329	85.7637235	0	42.89694506	0	99.98234	100.0148	10	43	424753.4	361132.4	223604.2	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
10	100.0148152	101.841925	260.9954129	0	130.4977065	0	99.98234	100.0148	10	43	3474223	787045.52	-3383901	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
11	100.0118408	102.927266	341.3711741	0	170.7014781	0	99.98234	100.0148	10	43	3528325	650824.15	-3467782	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
12	100.006487	105.274552	495.4645843	0	247.7322921	0	99.98234	100.0148	10	43	3565736	565783.01	-3520563	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
13	99.9962805	105.896696	85.95615438	0	42.99489835	0	99.98234	100.0148	10	43	3646682	395746.41	-3625145	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
14	99.99240107	109.288197	244.0140823	0	122.0070411	0	99.98234	100.0148	10	43	3668090	353748.61	-3650993	685884.1	583001.5	361311.9	18	1888669	24
15	99.98965874	2.89122847	0.067032442	0	0.033503682	0	0	0	0	0	3785463	140783.63	-3782844	0	0	0	0	0	0
16	99.98558287	38.8488134	32.8982021	0	16.44910105	0	0	0	0	0	100140.7	84976.209	52982.96	0	0	0	0	0	0
17	99.98547188	2.17842156	0.011987185	0	0.005993592	0	0	0	0	0	1345567	1143742.9	708803.5	0	0	0	0	0	0
18	99.99649989	36.6704083	10.4524996	0	5.224232722	0	0	0	0	0	75460.1	63974.185	40019.12	0	0	0	0	0	0
19	99.99702264	32.0564585	22.04545746	0	11.0211873	0	0	0	0	0	1270262	1079605	669342.7	0	0	0	0	0	0
20	99.99834387	109.431482	175.8206104	0	87.91030522	0	0	0	0	0	1110450	943670.59	585307.5	0	0	0	0	0	0
21	99.99864808	2.89131591	0.112178917	0	0.056101998	0	0	0	0	0	3790766	3334221.7	-1803573	0	0	0	0	0	0
22	99.9991296	110.293402	183.7103106	0	91.85515531	0	0	0	0	0	100157.2	84966.843	53029.33	0	0	0	0	0	0
23	99.99956126	107.40195	341.0375625	0	170.536084	0	0	0	0	0	3820659	3247640.9	2012526	0	0	0	0	0	0
24	100.0003467	14.4284193	2.297050213	0	1.148525106	0	0	0	0	0	3720526	3162734.6	1959444	0	0	0	0	0	0
25	100.000805	92.9735308	112.2087691	0	56.11735065	0	0	0	0	0	499819.1	424922.48	263173	0	0	0	0	0	0
26	100.002742	5.76853143	0.173800312	0	0.086850242	0	0	0	0	0	3220786	2737883.5	1696306	0	0	0	0	0	0
27	100.0010922	87.2050025	74.39690209	0	37.20985811	0	0	0	0	0	199830	169975.81	105072.6	0	0	0	0	0	0
28	100.0007042	19.9258193	6.111610166	0	3.056400641	0	0	0	0	0	3020891	2567849.5	1591205	0	0	0	0	0	0
29	100.0001738	67.2791871	85.31979144	0	42.65310599	0	0	0	0	0	690251.8	586933.11	363259	0	0	0	0	0	0
30	100.0001062	62.9364235	63.58582713	0	31.78697208	0	0	0	0	0	2330622	1980900.6	1227938	0	0	0	0	0	0
31	99.99948948	4.34276941	0.149934187	0	0.074967094	0	0	0	0	0	2180171	1852898.8	1148873	0	0	0	0	0	0
32	99.99897333	32.0605842	4.01490342	0	2.00745171	0	0	0	0	0	150436.4	127988.18	79057.81	0	0	0	0	0	0
33	99.99884711	50.2685804	25.05451273	0	12.53104676	0	0	0	0	0	1110598	944054.69	584969.7	0	0	0	0	0	0
34	100.0147407	2.89168249	0.082907521	0	0.041466303	0	0	0	0	0	1741611	276433.17	-1719533	0	0	0	0	0	0
35	100.0120934	51.4577985	19.7719068	0	9.881981544	0	0	0	0	0	100182.9	85031.177	52974.7	0	0	0	0	0	0
36	100.0111773	51.4577985	35.94531068	0	17.9766272	0	0	0	0	0	1782750	191398.56	-1772445	0	0	0	0	0	0
37	100.008967	13.4413163	1.917078582	0	0.958810294	0	0	0	0	0	1782710	191397.92	-1772406	0	0	0	0	0	0
38	100.0120757	11.8482181	2.229940616	0	1.114759738	0	0	0	0	0	465677.1	-395141.94	-246410	0	0	0	0	0	0
39	100.0117161	4.34210892	0.167479282	0	0.083767922	0	0	0	0	0	410482.4	349124.64	215888.4	0	0	0	0	0	0
40	99.99576878	29.6315802	17.85914128	0	8.929570638	0	0	0	0	0	150408.7	128023.41	78947.97	0	0	0	0	0	0
41	99.99230423	36.8023825	18.89003104	0	9.442983895	0	0	0	0	0	1026389	-872142.33	-541149	0	0	0	0	0	0
42	99.98867229	5.76804974	0.785514093	0	0.392757047	0	0	0	0	0	1274728	1084126.1	670522.9	0	0	0	0	0	0
43	99.98233572	31.0343361	3.747538894	0	1.872324752	0	0	0	0	0	199775.8	170007.05	104918.9	0	0	0	0	0	0
44	99.9960974	9.95708031	1.059149457	0	0.529426013	0	0	0	0	0	1075019	913937.62	566024.6	0	0	0	0	0	0
45	99.99847565	21.0772697	3.477154896	0	1.739243825	0	0	0	0	0	344918.1	292985.68	182010.7	0	0	0	0	0	0
46	99.99903747	4.61446347	0.046504508	0	0.023252254	0	0	0	0	0	730131	620984.31	384017.9	0	0	0	0	0	0
47	100.0002	16.462807	0.346368689	0	0.173184344	0	0	0	0	0	159850	136000.08	84000.05	0	0	0	0	0	0
48	100.000681	11.8483433	2.273366157	0	1.136683078	0	0	0	0	0	570292.2	485006.48	300003.3	0	0	0	0	0	0
49	100.0006545	7.23385287	1.161695526	0	0.580847763	0	0	0	0	0	410441.3	349005.57	216002.8	0	0	0	0	0	0
50	100.0003623	2.891688	0.113587499	0	0.05679375	0	0	0	0	0	250588.9	213003.24	132001.6	0	0	0	0	0	0
51	100.0001414	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.2	85001.163	53000.59	0	0	0	0	0	0

542

## **Lampiran – 24**

**Jaringan Riil – Penyulang Basuki Rahmat-51 BUS**

**Rekonfigurasi - Penempatan & Penentuan Ukuran Kapasitor Bank -**

**Penempatan & Penentuan Ukuran Unit DG**

**Advanced-OPF-CP-HCT : 2&3 FO - 1 ,2 & 3 Unit DG ; 1 ,2 & 3**

**Kapasitor Bank**

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3FO- PLOSS- DEV-V- MAXDG (MULTI)- 1DG1CAP																			
Bus	Voltage (p.u)	Current (A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	95.076	582.3937517	6104.277944	291.1968758	3052.27596	99.90549	100	1	43	3293530	1735106.71	-2799419	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
2	99.998	271.43	450.6546435	0	225.4378305	0	99.90549	100	1	43	3293471	1734524.31	-2799710	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
3	99.993	267.11	289.1653556	0	144.4756588	0	99.90549	100	1	43	9401844	9220071.23	1839826	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
4	99.99	124.24	463.071209	0	231.5356045	0	99.90549	100	1	43	9251892	9083782.06	1755681	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
5	99.986	7.2354	0.388235313	0	0.194117657	0	99.90549	100	1	43	4303224	3658742.42	2265245	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
6	99.976	36.555	7.552699756	0	3.776349878	0	99.90549	100	1	43	250582.3	213010.971	131976.5	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
7	99.964	34.376	33.34567616	0	16.67283808	0	99.90549	100	1	43	1265855	1076037.7	666732.7	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
8	99.948	32.068	13.64240764	0	6.821203819	0	99.90549	100	1	43	1190200	1011950.25	626523.6	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
9	99.945	151.61	196.0397078	0	98.05433151	0	99.90549	100	1	43	1110265	943941.071	584520.1	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
10	99.938	148.04	551.4588535	0	275.7294268	0	99.90549	100	1	43	5248609	5209026.91	-643376	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
11	99.935	145.83	685.3123015	0	342.6880524	0	99.90549	100	1	43	5124778	5072880.46	-727481	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
12	99.93	141.5	895.1426422	0	447.5713211	0	99.90549	100	1	43	5048313	4987634.42	-780365	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
13	99.919	140.45	151.1970129	0	75.62809489	0	99.90549	100	1	43	4897831	4817183.51	-885153	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
14	99.916	135.21	373.4835569	0	186.7417785	0	99.90549	100	1	43	4861153	4775010.27	-911089	9007056	7655998	4744761	2	3869710	11
15	99.913	2.8935	0.06713554	0	0.033555212	0	0	0	0	0	4679650	4561939.29	-1042993	0	0	0	0	0	0
16	99.909	38.879	32.94880613	0	16.47440307	0	0	0	0	0	100140.6	84976.1719	52982.94	0	0	0	0	0	0
17	99.909	2.1801	0.012005622	0	0.006002811	0	0	0	0	0	1345566	1143742.47	708803.2	0	0	0	0	0	0
18	99.973	36.699	10.46857769	0	5.232268665	0	0	0	0	0	75500.01	64008.1396	40040.1	0	0	0	0	0	0
19	99.974	32.081	22.07936809	0	11.03814025	0	0	0	0	0	1270945	1080187.68	669698.4	0	0	0	0	0	0
20	99.977	109.52	176.0911243	0	88.04556213	0	0	0	0	0	1111067	944197.841	585627.5	0	0	0	0	0	0
21	99.978	2.8935	0.112351463	0	0.05618829	0	0	0	0	0	3792886	3336076.79	-1804599	0	0	0	0	0	0
22	99.975	110.38	183.9930235	0	91.99651176	0	0	0	0	0	100210.2	85011.1065	53058.39	0	0	0	0	0	0
23	99.973	107.48	341.562393	0	170.7985259	0	0	0	0	0	3822592	3249232.9	2013627	0	0	0	0	0	0
24	99.97	14.44	2.300584502	0	1.150292251	0	0	0	0	0	3722253	3164105.63	1960510	0	0	0	0	0	0
25	99.968	93.045	112.3814549	0	56.20371354	0	0	0	0	0	500039	425095.732	263310.8	0	0	0	0	0	0
26	99.965	5.773	0.174067743	0	0.086983881	0	0	0	0	0	3222053	2738865.81	1697128	0	0	0	0	0	0
27	99.964	87.272	74.51139784	0	37.26712354	0	0	0	0	0	199908.6	170036.779	105123.4	0	0	0	0	0	0
28	99.963	19.941	6.121014954	0	3.061103951	0	0	0	0	0	3022080	2568770.72	1591975	0	0	0	0	0	0
29	99.963	67.331	85.45110105	0	42.71875034	0	0	0	0	0	690523.4	587143.664	363434.8	0	0	0	0	0	0
30	99.963	62.985	63.68368794	0	31.83589333	0	0	0	0	0	2331539	1981611.25	1228532	0	0	0	0	0	0
31	99.962	4.3461	0.150164927	0	0.075082463	0	0	0	0	0	2181028	1853563.52	1149429	0	0	0	0	0	0
32	99.961	32.068	4.0168283	0	2.00841415	0	0	0	0	0	150495.6	128034.105	79096.09	0	0	0	0	0	0
33	99.961	80.45	64.17165439	0	32.09553547	0	0	0	0	0	1110448	943892.019	584945.9	0	0	0	0	0	0
34	99.938	2.8924	0.082947342	0	0.04148622	0	0	0	0	0	2785134	2368925.63	1464638	0	0	0	0	0	0
35	99.935	77.557	44.91523635	0	22.44859543	0	0	0	0	0	100130	84986.8988	52945.7	0	0	0	0	0	0
36	99.934	77.557	81.6558636	0	40.83695455	0	0	0	0	0	2684907	2283850.25	1411649	0	0	0	0	0	0
37	99.932	57.628	35.23889973	0	17.62443133	0	0	0	0	0	2684847	2283796.84	1411622	0	0	0	0	0	0
38	99.935	11.852	2.231408349	0	1.115493466	0	0	0	0	0	1994997	1696931.77	1049017	0	0	0	0	0	0
39	99.935	4.3435	0.167589514	0	0.083823057	0	0	0	0	0	410302	348982.423	215775.4	0	0	0	0	0	0
40	99.919	41.432	34.91632813	0	17.45816406	0	0	0	0	0	150342.6	127971.22	78906.63	0	0	0	0	0	0
41	99.915	36.816	18.90422172	0	9.450077709	0	0	0	0	0	1434043	1219747.08	754119.4	0	0	0	0	0	0
42	99.912	5.7702	0.786104184	0	0.393052092	0	0	0	0	0	1274226	1083737.27	670198.4	0	0	0	0	0	0
43	99.905	31.046	3.750354149	0	1.873731294	0	0	0	0	0	199697.2	169946.047	104868.1	0	0	0	0	0	0
44	99.972	9.9608	1.059945111	0	0.529823729	0	0	0	0	0	1075165	914095.096	566047.6	0	0	0	0	0	0
45	99.978	21.085	3.479767044	0	1.7405504	0	0	0	0	0	344975.3	293045.491	182022.8	0	0	0	0	0	0
46	99.975	4.6162	0.046539444	0	0.023269722	0	0	0	0	0	730229.9	621085.277	384042.6	0	0	0	0	0	0
47	99.967	16.469	0.346628893	0	0.173314446	0	0	0	0	0	159857.5	136006.76	84003.37	0	0	0	0	0	0
48	99.968	11.853	2.275073996	0	1.137536998	0	0	0	0	0	570318.8	485030.309	300015.1	0	0	0	0	0	0
49	99.963	7.2366	1.16256824	0	0.58128412	0	0	0	0	0	410441.3	349005.574	216002.8	0	0	0	0	0	0
50	99.963	2.8928	0.113672831	0	0.056836415	0	0	0	0	0	250588.9	213003.24	132001.6	0	0	0	0	0	0
51	99.963	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.2	85001.1638	53000.59	0	0	0	0	0	0



HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG (MULTI)- 1DG2CAP																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	141.4205247	1288.544847	6610.617664	644.2724235	3305.442958	99.90541	100	1	43	4898951	2580859.62	-4163998	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
2	99.99732591	266.1786049	433.3958709	0	216.804212	0	99.90541	100	1	43	4898820	2579571.07	-4164643	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
3	99.99263817	262.2766648	278.8020151	0	139.297824	0	99.90541	100	1	43	9220019	9219888.68	-48935	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
4	99.98959231	106.1852472	338.259202	0	169.129601	0	99.90541	100	1	43	9084585	9083609.87	-133074	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
5	99.98611571	7.235236358	0.388217552	0	0.194108776	0	99.90541	100	1	43	3677854	3658526.61	376555.7	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
6	99.97623171	36.55443693	7.552354207	0	3.776177103	0	99.90541	100	1	43	250576.4	212999.706	131983.5	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
7	99.96387532	34.3753172	33.34415053	0	16.67207526	0	99.90541	100	1	43	1265825	1075980.79	666767.8	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
8	99.94756251	32.06753515	13.64178347	0	6.820891734	0	99.90541	100	1	43	1190171	1011896.75	626556.6	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
9	99.94480104	151.6084093	196.0400013	0	98.05447833	0	99.90541	100	1	43	1110239	943891.163	584550.9	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
10	99.93791589	148.0358984	551.4596792	0	275.7298396	0	99.90541	100	1	43	5248609	5209026.91	-643376	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
11	99.93493925	145.8349454	685.3133276	0	342.6885655	0	99.90541	100	1	43	5124778	5072880.46	-727481	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
12	99.92958136	141.5023138	895.1439825	0	447.5719913	0	99.90541	100	1	43	5048313	4987634.42	-780365	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
13	99.91936696	140.4480944	151.1972393	0	75.62820813	0	99.90541	100	1	43	4897831	4817183.51	-885153	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
14	99.91548454	135.2078431	373.4841161	0	186.7420581	0	99.90541	100	1	43	4861153	4775010.27	-911089	8012648	6810751	4220924	2	1888669	24
15	99.91274011	2.893453191	0.06713564	0	0.033555262	0	0	0	0	0	4679650	4561939.29	-1042993	0	0	0	0	0	0
16	99.9086611	38.87870963	32.94885546	0	16.47442773	0	0	0	0	0	100140.6	84976.1719	52982.94	0	0	0	0	0	0
17	99.90855003	2.180097882	0.01200564	0	0.00600282	0	0	0	0	0	1345566	1143742.47	708803.2	0	0	0	0	0	0
18	99.9748249	36.69862827	10.46859336	0	5.232276497	0	0	0	0	0	75501.79	64011.5429	40038.02	0	0	0	0	0	0
19	99.9761922	32.08112789	22.07940114	0	11.03815677	0	0	0	0	0	1270975	1080244.83	669663.2	0	0	0	0	0	0
20	99.9793099	109.5157164	176.0913879	0	88.04569396	0	0	0	0	0	1111093	944247.806	585596.8	0	0	0	0	0	0
21	99.97997395	2.893540829	0.112351631	0	0.056188375	0	0	0	0	0	3792976	3336070.36	-1804799	0	0	0	0	0	0
22	99.97819062	110.3783176	183.9932991	0	91.99664954	0	0	0	0	0	100213.3	85017.1129	53054.72	0	0	0	0	0	0
23	99.97691691	107.4846403	341.5629045	0	170.7987817	0	0	0	0	0	3822734	3249504.34	2013460	0	0	0	0	0	0
24	99.97460149	14.43952577	2.300587946	0	1.150293973	0	0	0	0	0	3722431	3164445.69	1960301	0	0	0	0	0	0
25	99.97263594	93.04511467	112.3816233	0	56.20379772	0	0	0	0	0	500063	425141.411	263282.7	0	0	0	0	0	0
26	99.9699273	5.772972142	0.174068004	0	0.086984011	0	0	0	0	0	3222208	2739160.18	1696946	0	0	0	0	0	0
27	99.96827702	87.27214572	74.51150943	0	37.26717936	0	0	0	0	0	199918.2	170055.032	105112.2	0	0	0	0	0	0
28	99.96788884	19.94115966	6.12102412	0	3.061108535	0	0	0	0	0	3022225	2569046.84	1591805	0	0	0	0	0	0
29	99.96735834	67.3309899	85.45122903	0	42.71881432	0	0	0	0	0	690556.6	587206.734	363395.9	0	0	0	0	0	0
30	99.96729069	62.98488274	63.68378332	0	31.83594102	0	0	0	0	0	2331651	1981824.3	1228401	0	0	0	0	0	0
31	99.96667376	4.346113009	0.150165151	0	0.075082576	0	0	0	0	0	2181133	1853762.84	1149306	0	0	0	0	0	0
32	99.96615743	32.06753515	4.016644522	0	2.008322261	0	0	0	0	0	150502.8	128047.844	79087.6	0	0	0	0	0	0
33	99.96603117	69.48741357	47.87458389	0	23.9445347	0	0	0	0	0	1110475	943943.551	584914.1	0	0	0	0	0	0
34	99.93784134	2.892288114	0.082942252	0	0.041483674	0	0	0	0	0	2405618	2368104.17	-423181	0	0	0	0	0	0
35	99.93519202	67.36783948	33.88842542	0	16.93740507	0	0	0	0	0	100126.9	84980.9002	52949.37	0	0	0	0	0	0
36	99.93427524	67.36783948	61.60913019	0	30.81137273	0	0	0	0	0	2332157	2283040.97	-476107	0	0	0	0	0	0
37	99.93206326	57.62520557	35.23556906	0	17.62276553	0	0	0	0	0	2332105	2282991.4	-476092	0	0	0	0	0	0
38	99.93517433	11.85155656	2.231197457	0	1.115388039	0	0	0	0	0	1994902	1696749.62	1049130	0	0	0	0	0	0
39	99.93481447	4.343332389	0.167573675	0	0.083815135	0	0	0	0	0	410282.3	348944.961	215798.6	0	0	0	0	0	0
40	99.91885485	41.43031957	34.91302786	0	17.45651393	0	0	0	0	0	150335.4	127957.503	78915.13	0	0	0	0	0	0
41	99.91538763	36.81446342	18.90243489	0	9.449184488	0	0	0	0	0	1433974	1219616.14	754200.2	0	0	0	0	0	0
42	99.9117534	5.769943158	0.786029882	0	0.393014941	0	0	0	0	0	1274165	1083620.91	670270.3	0	0	0	0	0	0
43	99.90541145	31.04452356	3.749999665	0	1.873554189	0	0	0	0	0	199687.6	169927.823	104879.4	0	0	0	0	0	0
44	99.97442231	9.960348825	1.059844926	0	0.52977365	0	0	0	0	0	1075139	914045.213	566078.4	0	0	0	0	0	0
45	99.97980149	21.08418861	3.479438134	0	1.740385882	0	0	0	0	0	344966.9	293029.472	182032.7	0	0	0	0	0	0
46	99.97809847	4.615978223	0.046535045	0	0.023267522	0	0	0	0	0	730217.8	621062.255	384056.8	0	0	0	0	0	0
47	99.97203085	16.46821117	0.346596129	0	0.173298065	0	0	0	0	0	159857.5	136006.76	84003.37	0	0	0	0	0	0
48	99.97251191	11.8522327	2.274858953	0	1.137429476	0	0	0	0	0	570318.8	485030.306	300015.1	0	0	0	0	0	0
49	99.96783912	7.236227527	1.162458352	0	0.581229176	0	0	0	0	0	410441.3	349005.574	216002.8	0	0	0	0	0	0
50	99.9675469	2.892637254	0.113662086	0	0.056831043	0	0	0	0	0	250588.9	213003.24	132001.6	0	0	0	0	0	0
51	99.96732593	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.2	85001.1636	53000.59	0	0	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																					
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																					
ADVANCED- OPF- 3FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG (MULTI)- 1DG3CAP																					
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP		
1	100	156.4781766	1577.546625	7098.366634	788.7733123	3549.322306	99.90931	100	1	43	5420563	2855647.2	-4607362	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
2	99.99704174	266.8670056	435.6404979	0	217.9270759	0	99.90931	100	1	43	5420403	2854069.7	-4608151	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
3	99.99251035	263.1384647	280.6372246	0	140.2147495	0	99.90931	100	1	43	9243852	9220085.2	-662440	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
4	99.98956796	106.1852731	338.2593668	0	169.1296834	0	99.90931	100	1	43	9114433	9083804.5	-746580	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
5	99.98630935	7.235238121	0.388217742	0	0.194108871	0	99.90931	100	1	43	3677862	3658536.2	376540.5	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
6	99.97706843	36.55444583	7.552357886	0	3.776178943	0	99.90931	100	1	43	250578.5	213003.81	131981	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
7	99.96553587	34.37532558	33.34416678	0	16.67208339	0	99.90931	100	1	43	1265847	1076021.4	666742.7	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
8	99.95036644	32.06754296	13.64179012	0	6.820895058	0	99.90931	100	1	43	1190205	1011960.8	626517.1	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
9	99.94780115	154.7799898	204.3279331	0	102.1999018	0	99.90931	100	1	43	1110272	943955.1	584511.4	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
10	99.94143874	151.5659576	578.0734345	0	289.0367173	0	99.90931	100	1	43	5358596	5209084.1	-1256979	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
11	99.93883779	149.5982994	721.1394997	0	360.6033193	0	99.90931	100	1	43	5247188	5072910.4	-1341103	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
12	99.93348011	145.7469543	949.652661	0	474.8263305	0	99.90931	100	1	43	5178790	4987661.5	-1393950	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
13	99.92326611	144.8156182	160.7470325	0	80.40497361	0	99.90931	100	1	43	5044948	4817207.8	-1498671	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
14	99.91938384	140.2221434	401.6997571	0	200.8498786	0	99.90931	100	1	43	5012516	4775035.8	-1524582	7689943	6536451	4050929	2	613603.2	11		
15	99.91663951	2.893351199	0.067130907	0	0.033552896	0	0	0	0	0	4853388	4561962	-1656466	0	0	0	0	0	0	0	0
16	99.91256066	38.87733904	32.9465324	0	16.4732662	0	0	0	0	0	100141	84976.891	52982.5	0	0	0	0	0	0	0	0
17	99.9124496	2.180021031	0.012004794	0	0.006002397	0	0	0	0	0	1345571	1143752.1	708797.3	0	0	0	0	0	0	0	0
18	99.97480054	36.69733453	10.46785527	0	5.231907595	0	0	0	0	0	75499.11	64006.429	40041.14	0	0	0	0	0	0	0	0
19	99.97616784	32.07999692	22.07784442	0	11.03737852	0	0	0	0	0	1270930	1080159	669716.1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	99.97928555	118.9763091	207.8290266	0	103.9145133	0	0	0	0	0	1111053	944172.73	585643	0	0	0	0	0	0	0	0
21	99.97994959	2.893427954	0.112342866	0	0.056183991	0	0	0	0	0	4120634	3336366.3	-2418322	0	0	0	0	0	0	0	0
22	99.97816627	110.3740097	183.9789372	0	91.98946859	0	0	0	0	0	100209.4	85009.612	53059.3	0	0	0	0	0	0	0	0
23	99.97689255	107.4804452	341.536243	0	170.7854496	0	0	0	0	0	3822584	3249218.7	2013636	0	0	0	0	0	0	0	0
24	99.97457714	14.43896232	2.300408404	0	1.150204202	0	0	0	0	0	3722285	3164167.6	1960472	0	0	0	0	0	0	0	0
25	99.97261159	93.04148306	112.3728508	0	56.19941046	0	0	0	0	0	500043.3	425104.05	263305.7	0	0	0	0	0	0	0	0
26	99.96990294	5.772746854	0.174054418	0	0.086977222	0	0	0	0	0	3222081	2738919.4	1697094	0	0	0	0	0	0	0	0
27	99.96825267	87.26873939	74.50569302	0	37.26427026	0	0	0	0	0	199910.3	170040.1	105121.4	0	0	0	0	0	0	0	0
28	99.96786448	19.94038141	6.120546354	0	3.060869605	0	0	0	0	0	3022106	2568821	1591944	0	0	0	0	0	0	0	0
29	99.96733398	67.32836183	85.44455847	0	42.71547957	0	0	0	0	0	690529.4	587155.15	363427.7	0	0	0	0	0	0	0	0
30	99.96726633	62.98242429	63.67881196	0	31.8334558	0	0	0	0	0	2331559	1981650	1228508	0	0	0	0	0	0	0	0
31	99.9666494	4.345943381	0.15015343	0	0.075076715	0	0	0	0	0	2181048	1853599.8	1149407	0	0	0	0	0	0	0	0
32	99.96613307	32.06754296	4.016646479	0	2.00832324	0	0	0	0	0	150496.9	128036.61	79094.54	0	0	0	0	0	0	0	0
33	99.96600681	69.4874305	47.87460722	0	23.94454636	0	0	0	0	0	1110475	943943.55	584914.1	0	0	0	0	0	0	0	0
34	99.9413642	2.892288819	0.082942293	0	0.041483694	0	0	0	0	0	2405704	2368158.2	-423364	0	0	0	0	0	0	0	0
35	99.93871498	67.36785589	33.88844194	0	16.93741333	0	0	0	0	0	100130.4	84987.674	52945.22	0	0	0	0	0	0	0	0
36	99.93779823	67.36785589	61.60916021	0	30.81138775	0	0	0	0	0	2332239	2283088.2	-476286	0	0	0	0	0	0	0	0
37	99.93558632	57.62521961	35.23558623	0	17.62277411	0	0	0	0	0	2332188	2283038.6	-476271	0	0	0	0	0	0	0	0
38	99.93869728	11.85155945	2.231198544	0	1.115388583	0	0	0	0	0	1994972	1696884.3	1049047	0	0	0	0	0	0	0	0
39	99.93871302	4.343333447	0.167573757	0	0.083815175	0	0	0	0	0	410298.4	348975.59	215779.6	0	0	0	0	0	0	0	0
40	99.92275401	41.43032966	34.91304487	0	17.45652243	0	0	0	0	0	150341.3	127968.72	78908.18	0	0	0	0	0	0	0	0
41	99.91928693	36.81447239	18.9024441	0	9.449189093	0	0	0	0	0	1434030	1219723.2	754134.1	0	0	0	0	0	0	0	0
42	99.91565284	5.769944564	0.786030265	0	0.393015133	0	0	0	0	0	1274215	1083716.1	670211.5	0	0	0	0	0	0	0	0
43	99.90931114	31.04453112	3.750001492	0	1.873555102	0	0	0	0	0	199695.5	169942.73	104870.2	0	0	0	0	0	0	0	0
44	99.97439796	9.960351252	1.059845442	0	0.529773908	0	0	0	0	0	1075139	914045.21	566078.4	0	0	0	0	0	0	0	0
45	99.97977713	21.08419375	3.47943983	0	1.74038673	0	0	0	0	0	344966.9	293029.47	182032.7	0	0	0	0	0	0	0	0
46	99.97807411	4.615979348	0.046535067	0	0.023267534	0	0	0	0	0	730217.8	621062.26	384056.8	0	0	0	0	0	0	0	0
47	99.97200649	16.46821518	0.346596298	0	0.173298149	0	0	0	0	0	159857.5	136006.76	84003.37	0	0	0	0	0	0	0	0
48	99.97248755	11.85223559	2.274860061	0	1.137430031	0	0	0	0	0	570318.8	485030.31	300015.1	0	0	0	0	0	0	0	0
49	99.96781476	7.23622929	1.162458918	0	0.581229459	0	0	0	0	0	410441.3	349005.57	216002.8	0	0	0	0	0	0	0	0
50	99.96752254	2.892637959	0.113662142	0	0.056831071	0	0	0	0	0	250588.9	213003.24	132001.6	0	0	0	0	0	0	0	0
51	99.96730157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.2	85001.164	53000.59	0	0	0	0	0	0	0	0

547

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG (MULTI)- 2DG2CAP																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	164.576769	1745.065416	4517.488857	872.5327092	2258.784576	99.98538	100.0148	2	43	5701106	101689.211	-5700200	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
2	100.014761	199.865604	244.3512707		122.2355549	0	99.98538	100.0148	2	43	5701948	99944.1458	-5701072	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
3	100.0117296	196.626439	156.6969102		78.29046227	0	99.98538	100.0148	2	43	6924360	6740450.79	-1585270	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
4	100.0097809	106.163804	338.12259995		169.0612999	0	99.98538	100.0148	2	43	6812006	6604294.1	-1669348	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
5	100.0086131	7.23377552	0.388060802		0.194030401	0	99.98538	100.0148	2	43	3677939	3658611.63	376556.6	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
6	100.0055404	36.3470556	7.549304486		3.774652246	0	99.98538	100.0148	2	43	250599.2	213020.224	131993.8	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
7	100.0019062	34.3683759	33.33068573		16.66534288	0	99.98538	100.0148	2	43	1266051	1076183.59	666869.3	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
8	99.99769427	32.0610598	13.63627443		6.818137368	0	99.98538	100.0148	2	43	1190528	1012216.87	626716.8	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
9	99.99700774	100.865724	86.773145		43.40183342	0	99.98538	100.0148	2	43	1110594	944210.472	584710.7	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
10	99.99565232	99.4021309	248.6400392		124.3200198	0	99.98538	100.0148	2	43	3493939	2731361.11	-2178825	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
11	99.99664852	98.5960283	313.2454796		156.6373218	0	99.98538	100.0148	2	43	3443275	2595267.58	-2262903	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
12	99.99537855	97.2017997	422.3907759		211.1953883	0	99.98538	100.0148	2	43	3415309	2510226.8	-2315836	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
13	99.99316702	96.9085653	71.98408476		36.00612935	0	99.98538	100.0148	2	43	3366939	2340163.25	-2420726	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
14	99.99279806	95.7385	187.2585274		93.62926387	0	99.98538	100.0148	2	43	3356769	2298154.13	-2446710	2914209	2477077	1535155	15	1888669	24
15	99.9927014	2.89178254	0.067058136		0.033516524	0	0	0	0	0	3316237	2085147.51	-2578679	0	0	0	0	0	0
16	99.98862566	38.856259	32.91081367		16.45540686	0	0	0	0	0	100162.9	84996.1555	52993	0	0	0	0	0	0
17	99.98851468	2.17883905	0.01199178		0.005995989	0	0	0	0	0	1345866	1144011.28	708937.7	0	0	0	0	0	0
18	99.99501645	36.6774365	10.45650659		5.226235452	0	0	0</											

549

HARI SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG (MULTI)- 3DG1CAP																			
Bus	Voltage (p.u)	Current (A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	195.05	2451.154797	5362.135472	1225.577399	2681.110386	99.99937	100.0335	2	33	6756763	-3279849	-5907320	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
2	100.033	193.87	229.9059464	0	115.0093504	0	99.99937	100.0335	2	33	6759024	-3282300	-5908546	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
3	100.03	189.86	146.0930892	0	72.99247618	0	99.99937	100.0335	2	33	6717794	6711720.9	285575.9	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
4	100.028	124.19	462.7187729	0	231.3593866	0	99.99937	100.0335	2	33	6578661	6575574.8	201502.9	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
5	100.027	7.2326	0.387939887	0	0.193969943	0	99.99937	100.0335	2	33	4303323	3658832.1	2265290	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
6	100.024	36.541	7.546951978	0	3.773475991	0	99.99937	100.0335	2	33	250605.4	213031.71	131986.9	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
7	100.02	34.363	33.32029919	0	16.66014961	0	99.99937	100.0335	2	33	1266084	1076242.8	666835.5	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
8	100.016	32.056	13.63202537	0	6.816012688	0	99.99937	100.0335	2	33	1190560	1012274	626685.8	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
9	100.015	100.52	86.18259167	0	43.10645289	0	99.99937	100.0335	2	33	1110625	944264	584681.9	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
10	100.014	99.099	247.1280584	0	123.5640294	0	99.99937	100.0335	2	33	3482670	2702478	-2196725	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
11	100.015	98.32	311.4939631	0	155.7614821	0	99.99937	100.0335	2	33	3433423	2566383.9	-2280804	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
12	100.014	96.981	420.4709242	0	210.2354625	0	99.99937	100.0335	2	33	3406376	2481344.3	-2333737	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
13	100.012	96.701	71.67651656	0	35.85228506	0	99.99937	100.0335	2	33	3359902	2311282.8	-2438630	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
14	100.011	95.603	186.7302963	0	93.36514829	0	99.99937	100.0335	2	33	3350214	2269274.5	-2464615	2950886	2508253	1554476	2	3869710	11
15	100.011	2.8913	0.067033488	0	0.033504205	0	0	0	0	0	3312174	2056267.8	-2596586	0	0	0	0	0	0
16	100.007	38.849	32.89871586	0	16.44935796	0	0	0	0	0	100163.2	84996.389	52993.12	0	0	0	0	0	0
17	100.007	2.1784	0.011987372	0	0.005993686	0	0	0	0	0	1345869	1144014.4	708939.3	0	0	0	0	0	0
18	100.011	36.671	10.45266284	0	5.224314315	0	0	0	0	0	75471.32	63982.451	40027.08	0	0	0	0	0	0
19	100.012	32.057	22.04580174	0	11.02135944	0	0	0	0	0	1270462	1079754.3	669480.9	0	0	0	0	0	0
20	100.015	99.839	146.3474385	0	73.17371937	0	0	0	0	0	1110644	943818.99	585437.3	0	0	0	0	0	0
21	100.016	2.8912	0.112171659	0	0.056098368	0	0	0	0	0	3459067	828811.36	-3358305	0	0	0	0	0	0
22	100.013	25.174	9.570419848	0	4.785209932	0	0	0	0	0	100168.1	84973.387	53039.31	0	0	0	0	0	0
23	100.011	22.283	14.6793797	0	7.340434632	0	0	0	0	0	872143.7	741976.77	458372.3	0	0	0	0	0	0
24	100.008	14.426	2.296340277	0	1.14817014	0	0	0	0	0	771951.5	656980.6	405321.6	0	0	0	0	0	0
25	100.006	7.8564	0.801232734	0	0.400708953	0	0	0	0	0	499767.7	424852.25	263188.8	0	0	0	0	0	0
26	100.003	5.7674	0.173734255	0	0.086817233	0	0	0	0	0	272163.6	232108.09	142122.7	0	0	0	0	0	0
27	100.002	2.0892	0.042700434	0	0.021356764	0	0	0	0	0	199793	169933.02	105071.6	0	0	0	0	0	0
28	100.001	19.921	6.108960213	0	3.05507541	0	0	0	0	0	72372.92	62170.78	37049.07	0	0	0	0	0	0
29	100.001	67.265	85.28279281	0	42.63460968	0	0	0	0	0	690105.8	586768.71	363247.1	0	0	0	0	0	0
30	100.001	62.923	63.55825324	0	31.77318776	0	0	0	0	0	2330129	1980345.4	1227897	0	0	0	0	0	0
31	100	4.3418	0.149869172	0	0.074934586	0	0	0	0	0	2179709	1852379.5	1148835	0	0	0	0	0	0
32	99.9995	32.056	4.013771377	0	2.00688569	0	0	0	0	0	150404.6	127952.34	79055.25	0	0	0	0	0	0
33	99.9994	80.419	64.1228118	0	32.0711068	0	0	0	0	0	1110448	943892.1	584945.9	0	0	0	0	0	0
34	100.014	2.8913	0.082884221	0	0.04145465	0	0	0	0	0	2786193	2369875.9	1465114	0	0	0	0	0	0
35	100.011	77.528	44.88105005	0	22.43150916	0	0	0	0	0	100168.1	85021.015	52962.91	0	0	0	0	0	0
36	100.01	77.528	81.59371293	0	40.80587237	0	0	0	0	0	2685927	2284766.5	1412107	0	0	0	0	0	0
37	100.008	57.606	35.21207757	0	17.61101647	0	0	0	0	0	2685868	2284713.2	1412080	0	0	0	0	0	0
38	100.011	11.848	2.229710018	0	1.114644461	0	0	0	0	0	1995756	1697612.5	1049358	0	0	0	0	0	0
39	100.015	4.3419	0.167461963	0	0.083759259	0	0	0	0	0	410474.5	349137.24	215852.9	0	0	0	0	0	0
40	100.011	41.417	34.88975079	0	17.4448754	0	0	0	0	0	150424.2	128044.54	78943.18	0	0	0	0	0	0
41	100.011	36.802	18.88983226	0	9.442884533	0	0	0	0	0	1434872	1220491.9	754491.7	0	0	0	0	0	0
42	100.01	5.768	0.785505828	0	0.392752914	0	0	0	0	0	1274997	1084429.7	670544.7	0	0	0	0	0	0
43	100.004	31.034	3.747499459	0	1.872305051	0	0	0	0	0	199818.1	170054.65	104922.3	0	0	0	0	0	0
44	100.01	9.957	1.059138312	0	0.529420443	0	0	0	0	0	1075165	914095.02	566047.6	0	0	0	0	0	0
45	100.016	21.077	3.477118306	0	1.739225524	0	0	0	0	0	344975.3	293045.46	182022.8	0	0	0	0	0	0
46	100.013	4.6144	0.046504019	0	0.02325201	0	0	0	0	0	730229.8	621085.21	384042.6	0	0	0	0	0	0
47	100.005	16.463	0.346365044	0	0.173182522	0	0	0	0	0	159857.4	136006.76	84003.37	0	0	0	0	0	0
48	100.006	11.848	2.273342234	0	1.136671118	0	0	0	0	0	570318.7	485030.29	300015.1	0	0	0	0	0	0
49	100.001	7.2338	1.161683301	0	0.580841651	0	0	0	0	0	410441.3	349005.57	216002.8	0	0	0	0	0	0
50	100.001	2.8917	0.113586304	0	0.056793152	0	0	0	0	0	250588.9	213003.24	132001.6	0	0	0	0	0	0
51	100.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.2	85001.163	53000.59	0	0	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG (MULTI)- 3DG2CAP																			
Bus	Voltage(p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	219.860013	3115.288972	5885.892345	1560.032718	2947.941767	100	100.0322	2	1	7616174	-2376189.3	-7236010	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
2	100.0322276	199.830644	244.1858133	0	122.339501	0	100	100.0322	2	1	7618629	-2379304.6	-7237570	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
3	100.0291984	196.592044	156.5900029	0	78.35859532	0	100	100.0322	2	1	6924358	6740449.14	-1585268	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
4	100.0272511	106.145254	337.9608596	0	169.1646554	0	100	100.0322	2	1	6812004	6604292.55	-1669347	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
5	100.0260856	7.23251182	0.387914795	0	0.194152778	0	100	100.0322	2	1	3677939	3658611.41	376556.8	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
6	100.0230199	36.5406707	7.546105689	0	3.776810809	0	100	100.0322	2	1	250599.2	213020.234	131993.8	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
7	100.0193947	34.3623716	33.31647221	0	16.6748174	0	100	100.0322	2	1	1266051	1076183.72	666869.5	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
8	100.0151952	32.0554586	13.63044423	0	6.822003992	0	100	100.0322	2	1	1190528	1012217.13	626717	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
9	100.0145108	100.848057	86.70858583	0	43.46367359	0	100	100.0322	2	1	1110595	944210.732	584710.9	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
10	100.0131611	99.3847187	248.4575479	0	124.503531	0	100	100.0322	2	1	3493939	2731360.96	-2178825	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
11	100.0141613	98.5787568	313.0175664	0	156.8726883	0	100	100.0322	2	1	3443275	2595267.53	-2262903	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
12	100.0128916	97.184772	422.0884571	0	211.521296	0	100	100.0322	2	1	3415309	2510226.7	-2315836	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
13	100.0106806	96.8915889	71.93269656	0	36.06187928	0	100	100.0322	2	1	3366939	2340163.09	-2420726	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
14	100.0103118	95.7217284	187.1268386	0	93.77666734	0	100	100.0322	2	1	3356769	2298153.96	-2446710	2916761	2479247	1536499	2	1888669	24
15	100.0102153	2.89127629	0.067017249	0	0.033561508	0	0	0	0	0	3316237	2085147.31	-2578679	0	0	0	0	0	0
16	100.0061399	38.8494563	32.88906612	0	16.47644368	0	0	0	0	0	100162.9	84996.1638	52993	0	0	0	0	0	0
17	100.0060289	2.1784576	0.011984161	0	0.006003745	0	0	0	0	0	1345866	1144011.35	708937.7	0	0	0	0	0	0
18	100.0124891	36.6710152	10.44958259	0	5.232910122	0	0	0	0	0	75473.41	63986.1187	40025.14	0	0	0	0	0	0
19	100.0138561	32.056989	22.03924462	0	11.03945285	0	0	0	0	0	1270497	1079815.91	669448.2	0	0	0	0	0	0
20	100.0169732	99.5419072	145.4359085	0	72.87901468	0	0	0	0	0	1110675	943872.845	585408.7	0	0	0	0	0	0
21	100.0176371	2.89124882	0.11214303	0	0.056200007	0	0	0	0	0	3448841	857553.625	-3340525	0	0	0	0	0	0
22	100.0158549	26.1548516	10.32586339	0	5.173348351	0	0	0	0	0	100171.7	84979.7818	53035.85	0	0	0	0	0	0
23	100.014582	23.2636035	15.99219652	0	8.012998417	0	0	0	0	0	906162.8	770920.209	476248.9	0	0	0	0	0	0
24	100.0122682	14.4263418	2.29567603	0	1.15020172	0	0	0	0	0	805973.7	685931.828	423191.7	0	0	0	0	0	0
25	100.0103031	8.83731836	1.012930891	0	0.507564505	0	0	0	0	0	499794.6	424900.478	263162	0	0	0	0	0	0
26	100.0075953	5.76749835	0.173684258	0	0.086971051	0	0	0	0	0	306156.9	261009.665	160018.8	0	0	0	0	0	0
27	100.0059455	3.06993356	0.092027282	0	0.046107828	0	0	0	0	0	199803.9	169952.363	105060.9	0	0	0	0	0	0
28	100.0055574	19.9217236	6.107146487	0	3.060450772	0	0	0	0	0	106351.5	91052.384	54955.54	0	0	0	0	0	0
29	100.0050271	67.2653567	85.25249429	0	42.70655714	0	0	0	0	0	690143.4	586835.753	363210.4	0	0	0	0	0	0
30	100.0049594	62.9234859	63.53555093	0	31.82673136	0	0	0	0	0	2330256	1980571.83	1227773	0	0	0	0	0	0
31	100.0043427	4.34187672	0.149820113	0	0.075063621	0	0	0	0	0	2179828	1852591.29	1148719	0	0	0	0	0	0
32	100.0038265	32.0554586	4.013305833	0	2.008649751	0	0	0	0	0	150412.8	127966.946	79047.23	0	0	0	0	0	0
33	100.0037003	69.4612405	47.83125299	0	23.95108195	0	0	0	0	0	1110475	943943.635	584914.2	0	0	0	0	0	0
34	100.0130866	2.89119893	0.082875596	0	0.041493467	0	0	0	0	0	2406523	2368980.14	-423421	0	0	0	0	0	0
35	100.0104389	67.3424646	33.85767113	0	16.94216909	0	0	0	0	0	100164.5	85014.6616	52966.4	0	0	0	0	0	0
36	100.0095226	67.3424646	61.55320979	0	30.82002085	0	0	0	0	0	2333034	2283883.25	-476364	0	0	0	0	0	0
37	100.007312	57.6035005	35.20355698	0	17.62609781	0	0	0	0	0	2332982	2283833.72	-476349	0	0	0	0	0	0
38	100.0104212	11.8470928	2.229239999	0	1.115642326	0	0	0	0	0	1995652	1697423.28	1049467	0	0	0	0	0	0
39	100.0140366	4.34169654	0.167427411	0	0.08383468	0	0	0	0	0	410452.9	349098.154	215875.2	0	0	0	0	0	0
40	100.0101688	41.4147141	34.88086984	0	17.45954601	0	0	0	0	0	150416.1	128030.043	78951.27	0	0	0	0	0	0
41	100.010215	36.8005965	18.88496894	0	9.450792803	0	0	0	0	0	1434794	1220352.92	754568.4	0	0	0	0	0	0
42	100.0092294	5.76776982	0.785308792	0	0.39308501	0	0	0	0	0	1274928	1084305.92	670612.7	0	0	0	0	0	0
43	100.002893	31.03283	3.746530455	0	1.873871108	0	0	0	0	0	199807.2	170035.257	104932.9	0	0	0	0	0	0
44	100.0120866	9.95659709	1.058869757	0	0.52986639	0	0	0	0	0	1075139	914045.14	566078.4	0	0	0	0	0	0
45	100.0174646	21.0762468	3.476209916	0	1.740673329	0	0	0	0	0	344966.9	293029.436	182032.7	0	0	0	0	0	0
46	100.0157628	4.61423953	0.046492126	0	0.023271529	0	0	0	0	0	730217.7	621062.186	384056.8	0	0	0	0	0	0
47	100.0096982	16.462008	0.346274059	0	0.173326418	0	0	0	0	0	159857.4	136006.753	84003.37	0	0	0	0	0	0
48	100.0101791	11.8477683	2.272739207	0	1.137611943	0	0	0	0	0	570318.7	485030.278	300015.1	0	0	0	0	0	0
49	100.0055077	7.23350181	1.161372709	0	0.581320897	0	0	0	0	0	410441.3	349005.569	216002.8	0	0	0	0	0	0
50	100.0052156	2.89154766	0.113555853	0	0.05683996	0	0	0	0	0	250588.9	213003.237	132001.6	0	0	0	0	0	0
51	100.0049947	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.2	85001.1626	53000.59	0	0	0	0	0	0

HASIL SIMULATOR DSS-CP BERBASIS HCT-REKONFIGURASI; PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN KAPASITOR BANK DAN PENEMPATAN & PENENTUAN UKURAN UNIT DG																			
JARINGAN RIIL - PENYULANG BASUKI RAHMAT 51 BUS																			
ADVANCED- OPF- 3FO-PLOSS-DEV-V-MAXDG (MULTI)- 3DG3CAP																			
Bus	Voltage (p.u)	Current(A)	Real Power Losses(Watt)	Total Real Power Losses(Watt)	Reactive Power Losses(VAR)	Total Reactive Power Losses(VAR)	Volt Min	Volt Max	Bus Volt Min	Bus Volt Max	S bus(VA)	P bus(Watt)	Q bus(VAR)	Size S DG(VA)	Size P DG(Watt)	Size Q DG(VAR)	Location DG	Size CAP (VAR)	Location CAP
1	100	222.381913	3186.985947	6458.894415	1596.349769	3235.850284	100	100.0298	2	1	7703535	-1797326	-7490933	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
2	100.03	207.989398	264.5071935	0	132.5513829	0	100	100.0298	2	1	7705832	-1800513	-7492529	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
3	100.027	204.972737	170.2094165	0	85.19375953	0	100	100.0298	2	1	7206898	6892774.9	-2104525	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
4	100.025	106.147723	337.9629231	0	169.1801768	0	100	100.0298	2	1	7102234	6756604.7	-2188610	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
5	100.024	7.23268008	0.387917164	0	0.194170591	0	100	100.0298	2	1	3677941	3658615.8	376541.6	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
6	100.021	36.5415209	7.546151787	0	3.777157354	0	100	100.0298	2	1	250600	213023.09	131990.6	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
7	100.018	34.363171	33.31667574	0	16.67634742	0	100	100.0298	2	1	1266059	1076211.9	666838.3	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
8	100.014	32.0562044	13.6305275	0	6.822629954	0	100	100.0298	2	1	1190540	1012261.6	626667.7	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
9	100.013	113.982653	110.7583429	0	55.53489984	0	100	100.0298	2	1	1110607	944255.14	584661.8	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
10	100.012	112.859141	320.3759607	0	160.5873312	0	100	100.0298	2	1	3948952	2883287.1	-2698311	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
11	100.013	112.258303	405.894528	0	203.4753521	0	100	100.0298	2	1	3910072	2747147.6	-2782417	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
12	100.012	111.251045	553.0830964	0	277.2413122	0	100	100.0298	2	1	3889197	2662095.3	-2835331	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
13	100.009	111.048454	94.48316961	0	47.37976345	0	100	100.0298	2	1	3854196	2492013	-2940187	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
14	100.008	110.302917	248.4645605	0	124.548205	0	100	100.0298	2	1	3847155	2449998.4	-2966161	2737767	2327102	1442208	2	613603.2	11
15	100.008	2.89130729	0.067014507	0	0.033568777	0	0	0	0	0	3821317	2236987.6	-3098120	0	0	0	0	0	0
16	100.004	38.8498728	32.88771975	0	16.48001126	0	0	0	0	0	100161.9	84995.66	52991.95	0	0	0	0	0	0
17	100.004	2.17848095	0.011983671	0	0.006005045	0	0	0	0	0	1345853	1144004.5	708923.6	0	0	0	0	0	0
18	100.01	36.6714083	10.44915503	0	5.234043604	0	0	0	0	0	75472.46	63982.561	40029.05	0	0	0	0	0	0
19	100.012	32.0573327	22.03834256	0	11.04184352	0	0	0	0	0	1270481	1079756.3	669514.1	0	0	0	0	0	0
20	100.015	115.157207	194.6320023	0	97.55746283	0	0	0	0	0	1110661	943820.71	585466.3	0	0	0	0	0	0
21	100.015	2.89127597	0.112137879	0	0.056212913	0	0	0	0	0	3989773	1009918	-3859839	0	0	0	0	0	0
22	100.014	31.3117911	14.79854336	0	7.41628043	0	0	0	0	0	100170.3	84974.566	53041.58	0	0	0	0	0	0
23	100.012	28.4205036	23.86723224	0	11.96221146	0	0	0	0	0	1084805	922686.12	570484.6	0	0	0	0	0	0
24	100.01	14.4265841	2.29558837	0	1.150472904	0	0	0	0	0	984613	837700.94	517416.6	0	0	0	0	0	0
25	100.008	13.9939441	2.540231336	0	1.273274148	0	0	0	0	0	499791.4	424877.88	263192.4	0	0	0	0	0	0
26	100.005	5.76760761	0.173678022	0	0.086991721	0	0	0	0	0	484790	412793.89	254209.6	0	0	0	0	0	0
27	100.004	8.22635198	0.661404562	0	0.331532193	0	0	0	0	0	199803	169943.72	105073.2	0	0	0	0	0	0
28	100.003	19.9221333	6.106937308	0	3.061181681	0	0	0	0	0	284978.4	242841.98	149132.4	0	0	0	0	0	0
29	100.003	67.2667403	85.24957587	0	42.71676056	0	0	0	0	0	690141.6	586806.89	363253.5	0	0	0	0	0	0
30	100.003	62.9247801	63.53337604	0	31.8343356	0	0	0	0	0	2330250	1980474.3	1227919	0	0	0	0	0	0
31	100.002	4.34196603	0.149814983	0	0.075081551	0	0	0	0	0	2179822	1852500	1148855	0	0	0	0	0	0
32	100.001	32.0562044	4.01333035	0	2.008834057	0	0	0	0	0	150412.4	127960.66	79056.62	0	0	0	0	0	0
33	100.001	69.4628565	47.83154464	0	23.95327892	0	0	0	0	0	1110475	943943.64	584914.2	0	0	0	0	0	0
34	100.012	2.89126619	0.082876102	0	0.041497273	0	0	0	0	0	2406553	2368980.7	-423589	0	0	0	0	0	0
35	100.009	67.3440313	33.85787797	0	16.94372395	0	0	0	0	0	100165.8	85019.373	52961.21	0	0	0	0	0	0
36	100.008	67.3440313	61.55358517	0	30.82284804	0	0	0	0	0	2333063	2283879.1	-476527	0	0	0	0	0	0
37	100.006	57.6048407	35.20377175	0	17.62771475	0	0	0	0	0	2333011	2283829.6	-476512	0	0	0	0	0	0
38	100.009	11.8473685	2.229253616	0	1.115744702	0	0	0	0	0	1995677	1697516.8	1049363	0	0	0	0	0	0
39	100.013	4.34179755	0.167428432	0	0.08384237	0	0	0	0	0	410458.6	349119.43	215851.6	0	0	0	0	0	0
40	100.008	41.4156777	34.88108281	0	17.46114804	0	0	0	0	0	150417	128036.83	78942.13	0	0	0	0	0	0
41	100.008	36.8014528	18.88508431	0	9.451660115	0	0	0	0	0	1434801	1220415	754479.9	0	0	0	0	0	0
42	100.007	5.76790402	0.785313587	0	0.393121078	0	0	0	0	0	1274931	1084359.2	670533	0	0	0	0	0	0
43	100.001	31.033552	3.74655338	0	1.874043147	0	0	0	0	0	199807.7	170043.6	104920.5	0	0	0	0	0	0
44	100.01	9.95682875	1.058876227	0	0.529915019	0	0	0	0	0	1075139	914045.14	566078.4	0	0	0	0	0	0
45	100.015	21.0767372	3.476231118	0	1.740833003	0	0	0	0	0	344966.9	293029.44	182032.7	0	0	0	0	0	0
46	100.013	4.61434689	0.04649241	0	0.023273665	0	0	0	0	0	730217.7	621062.19	384056.8	0	0	0	0	0	0
47	100.007	16.462391	0.346276173	0	0.173342322	0	0	0	0	0	159857.4	136006.75	84003.37	0	0	0	0	0	0
48	100.008	11.8480439	2.272753084	0	1.137716327	0	0	0	0	0	570318.7	485030.28	300015.1	0	0	0	0	0	0
49	100.003	7.23367011	1.1613798	0	0.581374237	0	0	0	0	0	410441.3	349005.57	216002.8	0	0	0	0	0	0
50	100.003	2.89161494	0.113556546	0	0.056845176	0	0	0	0	0	250588.9	213003.24	132001.6	0	0	0	0	0	0
51	100.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100171.2	85001.163	53000.59	0	0	0	0	0	0



## **Lampiran – 25**

### **Daftar Riwayat Hidup Penulis**

< halaman ini sengaja dikosongkan >

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : **Suyanto**  
Tempat / Tanggal Lahir : Blitar / 13 Nopember 1971  
Pekerjaan : Dosen ITS  
Pangkat/Gol : Penata Muda Tk I / III d  
Jabatan/Fungsional : Lektor  
Masa Kerja : 11 tahun 1 bulan  
Alamat Kantor : Departemen Teknik Fisika-FTI-ITS, Kampus ITS Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111  
Alamat Rumah : Perum YKP Jl. Medokan Asri Utara 14 Blok MA 3R/33 Medokan Ayu, Rungkut, Surabaya, 60295  
Nomor Telepon/ HP : (031) 8792603 / 08123589895  
Email : [suyanto13@mhs.ee.its.ac.id](mailto:suyanto13@mhs.ee.its.ac.id), [suyanto.its@ieee.org](mailto:suyanto.its@ieee.org), [suyantotf2@gmail.com](mailto:suyantotf2@gmail.com)

### **Riwayat Pendidikan :**

SD : SD Negeri Kaweron I, Talun, Blitar : 1979 - 1985  
SMP : SMP Negeri 2 Wlingi, Blitar : 1985 - 1988  
SMA : SMA Negeri I Talun, Blitar : 1988 - 1991  
S1 : Departemen Teknik Fisika FTI-ITS, Surabaya : 1991 - 1995  
S2 : Program Studi Instrumentasi & Kontrol T Fisika FTI-ITB : 1996 - 1998  
S3 : Departemen Teknik Elektro FTE-ITS, Surabaya : 2013 - sekarang

### **Riwayat Pekerjaan :**

Dosen Teknik Fisika FTI ITS : 1995 - sekarang  
Peneliti LBE – PSSL , Teknik Elektro FTE ITS : 2013 - sekarang  
Sekretaris P3AI ITS : 2012 - 2013  
Koordinator Pendidikan & Pelatihan P3AI ITS : 2009 - 2012  
Koordinator Media & Sarana P3AI ITS : 2005 - 2009  
Kepala Workshop Instrumentasi Teknik Fisika FTI ITS : 2009 - 2012  
Kepala Laboratorium Simulasi & Komputasi T. Fisika FTI ITS : 2004 - 2009  
Sekretaris Prodi D III Teknik Instrumentasi FTI ITS : 2000 - 2004  
Kasie Kerja Praktek Teknik Fisika FTI ITS : 1998 - 2000

< halaman ini sengaja dikosongkan >

### **Pengalaman Penelitian & Pengabdian Masyarakat selama Studi S3:**

1. Penelitian LBE – ITS (2013, Anggota Peneliti – Mahasiswa S3), State Estimation Tiga Fasa pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik untuk Online Monitoring Berbasis GIS (Geographic Information Systems).
2. Penelitian PUPT – Kemenristek Dikti (2015-2017, Anggota Peneliti – Mahasiswa S3), Pemodelan dan Simulasi Koneksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Tiga Fasa Menggunakan Sumber Pembangkit Energi Terbarukan Untuk Sistem Mikrogrid Skala Laboratorium.
3. Penelitian RT-INSINAS - Kemenristek (2015, Anggota Peneliti – Mahasiswa S3), Pemodelan dan Simulasi Micro-grid Standar Laboratorium Sebagai Usaha Pengembangan Tenaga Listrik Terdistribusi Skala Kecil Berbasis Energi Baru Terbarukan untuk Menunjang Program Elektrifikasi Pedesaan.
4. **Penelitian Disertasi Doktor-Kemenristek Dikti** (2016, Ketua Peneliti), Peningkatan Performansi Sistem Jaringan Distribusi Radial Melalui Pengembangan Penyelesaian Aliran Daya Optimal Pada Perencanaan Terkoordinasi.
5. Pengabdian Masyarakat BOPTN 2015 – ITS (2015, Anggota Peneliti – Mahasiswa S3), Sosialisasi Pengenalan, Potensi Dan Penanggulangan Bahaya Energi Listrik Bagi Guru-Guru SDIT-SMPIT AL USWAH SURABAYA.
6. Pengabdian Masyarakat IPTEKS bagi Masyarakat (IbM) –Kemenristek Dikti (2016, Anggota Peneliti – Mahasiswa S3), Pemanfaatan Pompa Air-PLTS Untuk Pemenuhan Ketersediaan Air Penyiram Tanaman Pada Program Ecogarden SDIT AL USWAH SURABAYA.

### **Pengalaman Pengembangan & Penelitian Laboratorium selama Studi S3 :**

1. Kelompok Penelitian – LBE - PSSSL: State Estimation → Mhs S1(5)/S2(2)/S3(2) (2013-sekarang, Anggota).
2. Kelompok Penelitian – LBE - PSSSL: Smart Microgrid → Mhs S1(4)/S2(3)/S3(2) (2014-sekarang, Koordinator).
3. Kelompok Penelitian – LBE - PSSSL: Coordinated Planning → Mhs S1(10)/S2(2)/S3(2) (2015-sekarang, Koordinator)
4. Kelompok Penelitian – LBE - PSSSL: GIS for DAS → Mhs S1(4)/S2(1)/S3(2) (2015-sekarang, Anggota).
5. Kelompok Penelitian – LBE - PSSSL: PSS & Smart Switch → Mhs S1(3)/S2(2)/S3(2)(2015-sekarang, Anggota).

### **Pengalaman Workshop, Short Course, Doctor Mobility selama Studi S3:**

1. THE 8TH ASIAN SCHOOL ON RENEWABLE ENERGY (2015, Peserta Perwakilan Indonesia), The Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Malaysia;The Solar Energy Research Institute (SERI) ; the Islamic Educational, Scientific and Cultural Organisation (ISESCO), United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO) and the Ministry of Education, Malaysia.

< halaman ini sengaja dikosongkan >

2. Doctor Mobility – IMPAKT PROGRAM (September 2017, Kandidate-Daftar Tunggu), IMPAKT-ERAMUS MUNDUS.
3. Workshop dan Klinik PENULISAN MANUSKRIP JURNAL INTERNATIONAL untuk Peningkatan Kualifikasi Dosen (2016, Peserta), Kemenristek-Dikti.

#### **Penghargaan Selama Studi S3:**

1. DOKTORAL STUDENTS AWARD 2016 bagi Mahasiswa Pascasarjana (S3) Teknik Elektro FTI ITS (2016, Peringkat-III), Pascasarjana Teknik Elektro FTI ITS.
2. The BEST PAPER AWARD on the 2<sup>nd</sup> NZAAR International Event Series On Natural And Built Environment, Cities, Sustainability And Advanced Engineering (2016, Penyaji), New Zealand Academy of Applied Research (NZAAR ).

#### **Organisasi Profesi selama Studi S3:**

1. IEEE Membership (a Graduate Student Member) - 94115798 : 2014 – sekar.
2. IEEE Power & Energy Society Membership : 2016 – sekar.
3. IEEE Young Professionals : 2016 – sekar.
4. IEEE Collabratec(TM) : 2016 – sekar.
5. AESI (Asosiasi Energi Surya Indonesia ( Member) : 2018 – sekar.

#### **Publikasi Jurnal Internasional Selama Studi S3:**

##### **A. Jurnal Internasional**

1. **Suyanto, S., Rahmadhani, C., Penangsang, O. and Soeprijanto, A., 2016.** Power-Flow Development Based on the Modified Backward-Forward for Voltage Profile Improvement of Distribution System. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 6(5), pp.2005-2014. DOI: 10.11591/ijece.v6i5.10648 [Terindex Scopus – Q2]
2. **Ontoseno Penangsang, Primaditya Sulistijono, Suyanto, 2014.** Optimal power flow using multi-objective genetic algorithm to minimize generation emission and operational cost in micro-grid. International Journal of Smart Grid and Clean Energy, 3(4), pp.410-416. DOI: 10.12720/sgce.3.4.410-416 [Terindex EI (INSPEC, IET)]
3. **Suyanto, Indri Suryawati, Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto, Rony Seto Wibowo and DF Uman Putra, 2014.** Modified Direct-ZBR Method + PSO Power Flow Development For Weakly Meshed Active Unbalanced Distribution Systems. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 9(9), pp.1476-1483. [Terindex Scopus – Q3]
4. **Soedibyo, Andri Pradipta, Suyanto, M. Ridwan, Gusti Rinaldi Z., M. Ashari, 2017.** Active and Reactive Power Control in 20 kV Grid Connected Distributed Generation System. International Review of Automatic Control (I.R.E.A.CO.), 10(3) pp.211-217. DOI: 10.15866/ireaco.v10i3.10595. [Terindex Scopus – Q2].
5. **Suyanto, Farid Dwi Murdianto, Ontoseno Penangsang, U.P. Dimas Fajar, Adi Soeprijanto and Rony Seto, 2016.** Wind-PV Hybrid System Modeling

< halaman ini sengaja dikosongkan >



- Using Bidirectional Converter with MPPT-Dual Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) in Microgrid Isolated System. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(11),pp. 2353-2359. DOI: 10.3923/jeasci.2016.2353.2359.[**Terindex Scopus – Q3**]
6. Hasti Afianti, Mochamad Ashari, **Ontoseno Panangsanga, Adi Soeprijanto** and **Suyanto** , 2016. Power Transfer Enhancement in Hybrid AC-DC Microgrids. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(7),pp. 1660-1664. DOI: 10.3923/jeasci.2016. 1660.1664 [**Terindex Scopus – Q3**].
  7. Soedibyo, S., Murdianto, F.D., **Suyanto**, S., Ashari, M. and **Penangsang, O.**, 2016. Modeling and Simulation of MPPT-SEPIC Combined Bidirectional Control Inverse KY Converter Using ANFIS in Microgrid System. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 1(2), pp.264-272. DOI: 10.11591/ijeecs.v1.i2.pp264-272 [**Terindex Scopus**].
  8. Soedibyo, S., Stephani, R., Fitriana, A.A., Sholihah, R.M.A. and Sulistijono, P., **Suyanto**, 2014. Power Optimization for Adaptive Wind Turbin: Case Study on Islanded and Grid Connected. *International Review of Electrical Engineering (IREE)*, 9(4), pp.835-843. DOI: <https://doi.org/10.15866/iree.v9i4.2199> [**Terindex Scopus – Q2**].

## B. Konferensi Internasional

1. **Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto**, Ni Ketut Aryani, Dimas F U Putra, **Suyanto**, A Q Yusrina, A Hadi, A Riangga, S B Panuntun, A P Winata, G Manuella and R M Azmi, 2018, February. Design and Implementation of Real-time Monitoring Based on Android and HMI of PV Tower System for Laboratory Scale. In 2018 International Joint Conference on Clean Energy and Smart Grid (CCESG 2018), [www.ccesg.org](http://www.ccesg.org). [Thammasat University Rangsit Campus,Bangkok, Thailand, Feb. 24-26, 2018.]-Dipresentasikan & Diajukan Publikasi Jurnal Terindex Scopus].
2. **Ontoseno Penangsang, Adi Soeprijanto**, Ni Ketut Aryani, Dimas F U Putra, Rony Seto W, **Suyanto**, Arseto Y B, Alfian P, M Ali Fikri, A Riangga, S B Panuntun, A Saad D, Rinthon B A and Elpha Aulia A, 2018, February. Design and Implementation of The Electrochlorination Filter Model Based on Solar Photovoltaic for Daily Watering Systems at Eco-Garden - SD IT Al-Uswah Surabaya. In 2018 International Joint Conference on Clean Energy and Smart Grid (CCESG 2018), [www.ccesg.org](http://www.ccesg.org). [Thammasat University Rangsit Campus,Bangkok, Thailand, Feb. 24-26, 2018.]-Dipresentasikan & Diajukan Publikasi Jurnal Terindex Scopus].
3. **Adi Soeprijanto**, Dimas F U Putra, **Suyanto**, A R Hidayatullah, A Hadi, A Q Yusrina, F S Wicaksana, E W Adinda, M A Choiri and M Baihaqi, 2018, February. Design and Implementation of Sea Water Eco-Destilatory Using Parabolic Solar Concentrator and Photovoltaic Pump for Isolated Island. In 2018 International Joint Conference on Clean Energy and Smart Grid (CCESG 2018), [www.ccesg.org](http://www.ccesg.org). [Thammasat University Rangsit

< halaman ini sengaja dikosongkan >

- Campus, Bangkok, Thailand, Feb. 24-26, 2018.)-Dipresentasikan & Diajukan Publikasi Jurnal Terindex Scopus].
4. **Suyanto**, Ahmad Febri Firmansah, Fiona Yolita Purnomo, Erwin Prawira Santosa, Ni Ketut Aryani, **Ontoseno Penangsang**, **Adi Soeprijanto**, Taufani Kurniawan, Amirul Hadi Wibowo, Akhmad Rizki Hidayatullah, 2016, December. Optimization Sizing and Placement Distributed Generation with Determination Network Reconfiguration and Capacitor Bank Simultaneously to Maximize Active Power Output of Distributed Generation Using Genetic Algorithm Method. In International Conference on Sustainability, Green Buildings, Environmental Engineering & Renewable Energy (SGER 2016). [The **BEST PAPER AWARD** in The 2<sup>nd</sup> NZAAR International Event Series on Natural and Built Environment, Cities, Sustainability and Advanced Engineering]- [Terindex Science Publications-New Zealand Academy of Applied Research (NZAAR)-sudah terbit di proceeding].
  5. Yoakim Simamora, **Suyanto**, **Ontoseno Penangsang**, Rony Seto Wibowo, 2016, November. Estimation of Losses in Radial Distribution Network Under Unbalanced Loading Condition Considering Time Varying Load. In Joint International Conference-The 3<sup>th</sup> International Conference on Nano Electronics Research and Education (ICNERE) & The 8<sup>th</sup> Electrical, Electronic, Control, Communication, and Informatics Seminar (EECCIS). [Sudah terbit di proceeding].  
Indri Suryawati, **Ontoseno Penangsang**, **Suyanto**, 2017, October. Online Power Flow Management Based On GIS for Active Distribution Network Management. 2017 International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS). [Terindex Scopus- belum terbit].
  6. **Ontoseno Penangsang**, **Suyanto**, Ni Ketut Aryani, Suwito, Dimas Fajar Uman Putra, **Adi Soeprijanto**, Gilang Hari Pratomo, Fericko Satya Wicaksana, Yoanes Bagus, HabiburRahman, Azka Quamila Yusrina & Asti Rakhmawati, 2016, December. Optimization Of Panel Pv Position Using Dual Axis Solar Tracker With Perturb And Observe Method In PV Tower - Laboratory Scale Microgrid System. In International Conference on Sustainability, Green Buildings, Environmental Engineering & Renewable Energy (SGER 2016). [Terindex Science Publications-New Zealand Academy of Applied Research (NZAAR)-sudah terbit di proceeding ].
  7. Ni Ketut Aryani, **Ontoseno Penangasang**, **Suyanto**, Suwito, **Adi Soeprijanto**, Dimas Fajar Uman Putra, Aden Riangga, Sabila Bagus Panuntun, Muhammad Ali Fikri, Indrawan Gunartono, Aji Istanto Rambono, Ranik Chairunnisa Akbar, Adinda Soraya Ayu Wardhany & Azka Quamila Yusrina, 2016, December. Solar PV Model For Eco-Garden And Hydroponic Daily Watering Systems. In International Conference on Sustainability, Green Buildings, Environmental Engineering & Renewable Energy (SGER 2016). [Terindex Science Publications-New Zealand Academy of Applied Research (NZAAR)-sudah terbit di proceeding].

< halaman ini sengaja dikosongkan >

8. Jatrifa Jiwa Gandhi, **Ontoseno Penangsang, Suyanto, Adi Soeprijanto**, Ni Ketut Aryani, 2016, July. Life-Cycle Cost Analysis of Laboratory Scale Microgrid Operation in Power System Simulation Laboratory Using HOMER Simulation. In 2016 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application (ISITIA 2016). DOI: 10.1109/ISITIA.2016.7828721 [**Terindex Scopus- sudah terbit**].
9. **Adi Soeprijanto**, Dimas Fajar Uman Putra, Okto Fenno, Dheny Ashari HS, **Suyanto**, Rusilawati 2016, July. Optimal Tuning of PSS Parameters for Damping Improvement in SMIB Model Using Random Drift PSO and Network Reduction with Losses Concept. In 2016 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application (ISITIA 2016). DOI: 10.1109/ISITIA.2016.7828741 [**Terindex Scopus- sudah terbit**].
10. **Suyanto**, Soedibyo, S. and Firdaus, A.A., 2014, October. Design and Simulation of Neural Network Predictive Controller Pitch-Angle Permanent Magnetic Synchronous Generator Wind Turbine Variable Pitch System. In The 1st International Conference on Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE 2014). DOI: 10.1109/ICITACEE.2014.7065769 [**Terindex Scopus-sudah terbit** ].

Surabaya, Januari 2018

**Suyanto**

